

Braunschweigische
Wissenschaftliche Gesellschaft

Jahrbuch 2010



J. CRAMER Verlag · Braunschweig
2011

Das vorliegende Jahrbuch ist bei der Braunschweigischen Wissenschaftlichen
Gesellschaft und im Buchhandel erhältlich
Preis: € 20,00

Gedruckt mit Hilfe von Forschungsmitteln
des Landes Niedersachsen

Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
Fallersleber-Tor-Wall 16 · D-38100 Braunschweig
Postfach 3329 · D-38023 Braunschweig
Telefon: (05 31) 1 44 66 · Fax (05 31) 1 44 60

<http://www.bwg-niedersachsen.de>

Für die Redaktion verantwortlich:
Der Generalsekretär der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

ISSN 0931-1734
ISBN 978-3-934656-28-4

Gesamtherstellung:
J. Cramer Verlag · Am Hasengarten 23 A · D-38126 Braunschweig
2011
Printed in Germany

INHALTSVERZEICHNIS

ALLGEMEINES UND HISTORISCHES

Zur Geschichte der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (BWG) ..	7
Die Organe der BWG 1943 – 2010	9
Satzung der BWG	11

HINWEISE AUF VERANSTALTUNGEN DER BWG

<i>6. Bioethik-Symposium: „Humangenetische Diagnostik – Wozu? Wohin?“</i> am 04.02. in Braunschweig	16
<i>Klaus Gahl: Bericht zum 6. Bioethik-Syposium</i>	18
<i>Akademie-Vorlesungen: „Wasser in Natur und Technik“</i> am 09.02., 17.02., 13.04., 21.04., 24.1. und 30.11.: Roter Saal, Schloss Braunschweig	33
<i>Vortragsreihe: „Biotechnologie: Potenziale, Befürchtungen, Hoffnungen“</i> am 14.01., 21.01. und 28.01.: phäno, Wolfsburg	39
<i>Vortragsreihe: „Element Wasser“</i> am 15.04., 22.04., 29.04. und 06.05.: phäno, Wolfsburg	42
<i>Workshop: „Wilhelm Raabe und die technisch-wissenschaftliche Moderne in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts“</i> am 27.08. und 28.08.: BWG und Institut für Braunschweigische Regionalgeschichte	45
<i>Öffentliche Ringvorlesung: „Vom Nutzen des Nutzlosen. Vom Spiel zum Produkt“</i> am 19.10., 26.10., 02.11., 09.11., 16.11., 23.11., 30.11., 07.12., 14.12. und 21.12.: Aula der Georg-August-Universität Göttingen	49
<i>Vortragsreihe: „Spiegel“</i> am 02.12. und 09.12.: phäno, Wolfsburg	52
Verleihung Braunschweiger Bürgerpreis für herausragende studentische Leistungen am 06.12.	54

PLENARVERSAMMLUNGEN

16.01.2010 in Braunschweig	
<i>Otto Luchterhandt: Russlands „Tandemokratie“ unter Putin und Medvedev: Co-Habitation oder Provisorium?</i>	
(Ausführliche Fassung in den Abhandlungen 63 [2010])	55
<i>Claus-Artur Scheier: Schlusswort zur Neujahrssitzung der BWG</i>	56

12.02.2010	in Braunschweig <i>Thomas Hartmann</i> : Mechanismen der molekularen Evolution (Ausführliche Fassung in den Abhandlungen 63 [2010])	58
12.03.2010	in Braunschweig <i>Hans Kloft</i> : Lykurg und Solon. Griechische Gesetzgeber und deutsche Klassik	61
16.04.2010	in Braunschweig <i>Thomas Scheper</i> : Pflanzen auf dem Teller oder im Tank? – Potentiale der Biotreibstoffe	79
11.06.2010	in Braunschweig, Physikalisch-Technische Bundesanstalt Besichtigungen und Vorträge <i>Dr. Andreas Bauch</i> : PTB: Zeit und Frequenz <i>Dr. Thomas Kleine-Ostmann</i> : Elektromagnetische Felder	
10.07.2010	Clausthal-Zellerfeld <i>Gudrun Schmidt</i> : Blick in die Welt der Polymere. Kunststoff – Werkstoff des 21. Jahrhunderts	81
08.10.2010	in Braunschweig <i>Gunther Kühne</i> : Der Zionismus – Entstehung, Grundgedanken, Gegenwartsbedeutung – Zum 150. Geburtsjahr von Theodor Herzl ..	93
12.11.2010	in Hannover <i>Peter Behrens</i> : Die Anorganische Chemie in Hannover <i>Thomas Scheper</i> : Die Technische Chemie in Hannover	
10.12.2010	in Braunschweig: Haupt- und Wahlsitzung	

KLASSENSITZUNGEN

Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

12.02.2010	in Braunschweig <i>Otto Richter</i> : Modellierung des Einflusses der Temperatur auf die Populationsdynamik und die Ausbreitung von gebietsfremden Tierarten	111
16.04.2010	in Braunschweig Regularien	
11.06.2010	in Braunschweig, Physikalisch-Technische Bundesanstalt Regularien	
08.10.2010	in Braunschweig <i>Werner Deutsch</i> : Flow erleben und Flow messen	

Klasse für Ingenieurwissenschaften

12.02.2010	in Braunschweig <i>Udo Peil</i> : Katastrophen – Wahn und Wirklichkeit	123
12.03.2010	in Braunschweig <i>Christian Heipke</i> : Optische 3D Messtechnik: Neue Anwendungen durch digitale Technik	135
16.04.2010	in Braunschweig, Regularien	
11.06.2010	in Braunschweig, Physikalisch-Technische Bundesanstalt <i>Harald Budelmann</i> : Lebenszyklusmanagement für Bauwerke	137
08.10.2010	in Braunschweig <i>Manfred Krafczyk</i> : Massiv-parallele numerische Simulation auf Grafikkarten: The poor man's supercomputer?!	139

Klasse für Geisteswissenschaften

12.02.2010	in Braunschweig <i>Carla Vogt</i> : Historische Wertobjekte und Werkzeuge. Welche neuen Informationen liefern uns naturwissenschaftliche Untersuchungen?	
12.03.2010	in Braunschweig <i>Walther Ludwig</i> : Das Adagium des Erasmus „Festina lente“ (Eile mit Weile) und die Kunst der Embleme	143
11.06.2010	in Braunschweig, Physikalisch-Technische Bundesanstalt <i>Niklot Klüßendorf</i> : Fundnumismatik und Volkskunde (Ausführliche Fassung in den Abhandlungen 63 [2010])	
08.10.2010	in Braunschweig <i>Gerald Stefke</i> : Geldgeschichte und geldgeschichtliche Numismatik der vormodernen Zeit (12. bis 19. Jahrhundert) – Stand und Perspektiven	

FEIERLICHE JAHRESVERSAMMLUNG am 30. April 2010

Öffentlich wissenschaftliche Vorträge**Carl Friedrich Gauß-Kolloquium „Leuchtende Zukunft: Licht – Energie – Information“**

<i>Andreas Tünnermann</i> , Jena Green Photonics: Nachhaltige Lösungen für die Zukunft mit Licht	145
---	-----

Karl-Joachim Ebeling, Ulm

Faszination Kommunikationstechnik: Digitalübertragung – Nanoelektronik – Photonik 147

Wolfgang Kowalsky, Braunschweig

Organische Halbleiter für LEDs und Solarzellen 151

Festversammlung im Altstadtrathaus

Der Präsident der BWG, *Joachim Klein*

Begrüßung und Bericht 152

Andreas Waag, Braunschweig

Laudatio zur Verleihung der Gauß-Medaille an *Prof. Dr. rer. nat. Klaus Streubel* 163

Klaus Streubel, Augsburg

LED – Das Licht der Zukunft 169

Urkunde und Lebenslauf des Preisträgers 179

Der Generalsekretär der BWG, *Claus-Artur Scheier*

Schlussworte 181

MITTEILUNGEN

Veröffentlichungen 183

Geschäftliche Mitteilungen 183

PERSONALIA

Todesfälle 184

Nachrufe 185

Zuwahlen 188

Inhaber der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille 1949 – 2010 192

Mitgliederverzeichnis 197

ALLGEMEINES UND HISTORISCHES

Zur Geschichte der Braunschweigischen Wissenschaftliche Gesellschaft

Im Jahre 1943 führten die Initiativen einiger Professoren der Braunschweiger Technischen Hochschule Carolo Wilhelmina zur Errichtung der „Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft“. Sie wurde nach Genehmigung der vorgelegten Satzung durch den damals zuständigen Reichsminister für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung am 9. Dezember 1943 in einer feierlichen Sitzung konstituiert. Das zu diesem Anlass von dem ersten Vorsitzenden des Senats der neuen Gesellschaft, Prof. Dr.-Ing. Ernst Schmidt, erstattete Referat gibt Auskunft über die Motive dieser Gründung. Maßgebend war der Wunsch nach Überwindung eines allzu engen wissenschaftlichen Spezialistentums und einer einseitigen Orientierung der Forschung auf rasche Verwertbarkeit ihrer Ergebnisse. Dies wird in der ersten Satzung der Gesellschaft deutlich. In deren § 1 bestimmt sie: „insbesondere soll sie über die fachlichen Grenzen hinaus die Bearbeitung von Gemeinschaftsaufgaben übernehmen und dazu beitragen, innere Beziehungen zwischen allen Wissens- und Lebensgebieten herzustellen“. Organisatorisch war die Neugründung als selbständige wissenschaftliche Gesellschaft mit eigenen Organen (Kuratorium, Senat, Fachbereiche) angelegt. Der jeweilige Rektor der Technischen Hochschule Braunschweig war jedoch ex officio zum Präsidenten der Gesellschaft bestimmt, was hauptsächlich auf eine administrative Vereinfachung abzielte.

Bis Ende 1944 wurde die Gesellschaft durch Berufung von Mitgliedern aus verschiedenen Fachgebieten personell ausgebaut. Besondere Aktivitäten konnte sie in den letzten Monaten des zweiten Weltkrieges nicht mehr entfalten. Sie bestand auch nach dem Krieg unter einem kommissarischen Präsidenten unverändert fort. Jedoch wurden Maßnahmen eingeleitet, um die Gesellschaft uneingeschränkt zu verselbständigen, wobei die Organisationsform einer Akademie der Wissenschaften angestrebt wurde. Sie war im Kern durch Selbstergänzung und begrenzte Platzzahl der Mitglieder sowie durch Gliederung in Fachbereiche bereits vorhanden.

Vor allem wurde die Gesellschaft nun auch mit ihrem Plenum und ihren Abteilungen – seit 1950 Klassen – wissenschaftlich aktiv. In beiden Bereichen wurden wissenschaftliche Vorträge und Diskussionen durchgeführt. Initiiert von Prof. Dr. phil. Eduard Justi erschien 1949 der erste Band der als Publikationsorgan eingerichteten „Abhandlungen“. Im gleichen Jahre verlieh die Gesellschaft erstmalig die kurz zuvor gestiftete Carl-Friedrich-Gauß-Medaille. 1953 erhielt die Gesellschaft schließlich den Status einer Körperschaft des öffentlichen Rechts. Mit dem Errichtungserlass des Niedersächsischen Landesministeriums wurde

ihr zugleich eine neue Satzung gegeben, in der freilich Teile der ehemaligen Satzung erhalten geblieben waren. 1971 sowie 2008 erhielt die Gesellschaft eine in einigen Bereichen jeweils veränderte und 2010 schließlich ihre heute gültige Satzung, die sie nach den Regeln einer Akademie der Wissenschaften mit deutlich technischem Schwerpunkt ausfüllt. In diesem Rahmen finden laufend wissenschaftliche Plenar- und Klassensitzungen statt. Mit vielen Gästen aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und öffentlichem Leben ist die „Festliche Jahresversammlung“ – seit 1949 zugleich Forum für die Verleihung der Carl Friedrich Gauß-Medaille als hoher wissenschaftlicher Auszeichnung – Höhepunkt dieses regulären Programms

Zur Bearbeitung langfristiger Forschungsthemen kann die BWG Kommissionen bilden, wobei auch die Interdisziplinarität des Diskussionsprozesses eine wichtige Rolle spielt. Beispiele dafür sind die Kommission für „Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte“ (bis 1992), die Kommission für „Recht und Technik“ und die Kommission „Die deutschen Münzfunde des Mittelalters und der Neuzeit“.

In der Öffentlichkeit ist die BWG durch Veranstaltung von Symposien und Vorträgen, oft auch gemeinsam mit Partnerinstitutionen, präsent. In diesen Symposien werden die Ergebnisse der Kommissionsarbeit oder andere aktuelle Themen – wie z.B. der Bioethik – zur Diskussion gestellt und in gesonderten Publikationen dokumentiert.

Als regelmäßige Publikationsorgane stehen der Wissenschaft und Öffentlichkeit seit 1949 die „Abhandlungen der BWG“ und seit 1983 die „Jahrbücher“ zur Verfügung. Im Band 50 der „Abhandlungen“ sind die Inhaltsverzeichnisse der Bände 1–50 noch einmal zusammengefasst einsehbar. Die Bibliothek der TU Braunschweig verwaltet offiziell auch die Bibliothek der BWG.

Die BWG ist Gründungsmitglied der ForschungRegion Braunschweig e.V. und leistet wichtige Beiträge zur Initiierung, inhaltlichen Gestaltung und zur Organisation regionaler Projekte wie z.B. „Braunschweig – Stadt der Wissenschaft 2007“ und „Haus der Wissenschaft Braunschweig“.

Die BWG erfüllt mit Stolz, dass sie als Stifter – gemeinsam mit dem Braunschweigischen Landesmuseum und der Technischen Universität Braunschweig – zur Aufstellung der Marmorbüste ihres Namenspatrons Carl Friedrich Gauß in der Walhalla, der Ruhmeshalle der deutschen Kultur bei Regensburg, beitragen konnte (12. September 2007).

Die BWG pflegt den wissenschaftlichen und kollegialen Kontakt zu den anderen Wissenschaftlichen Akademien in Deutschland und führt mit der benachbarten Akademie der Wissenschaften zu Göttingen auch gemeinsame Projekte durch.

Die Organe der BWG 1943 – 2009

Konstituierende Sitzung: 30.11.1943

Eröffnungssitzung: 09.12.1943 [siehe Abhandlungen der BWG **21** (1969), 8]

Erste Satzung: 1944 [siehe Abhandlungen der BWG **1** (1949), 169]

Zweite Satzung: 1953 [siehe Abhandlungen der BWG **5** (1953), 212]

Dritte Satzung: 1971 [siehe Abhandlungen der BWG **22** (1970), 291]

Vierte Satzung: 1993 [siehe Jahrbuch der BWG (2007), 10]

Fünfte Satzung: 2008 [siehe Jahrbuch der BWG (2009), 10]

Sechste Satzung: 2010 [hier abgedruckt S. 11 ff.]

Präsidenten

1943-45: Fritz Gerstenberg; 1946-48: Gustav Gassner; 1949-50: Hans Herloff Inhoffen; 1951-53: Eduard Justi; 1954-56: Leo Pungs; 1957-59: Max Kohler; 1960-62: Hans Kroepelin; 1963-66: Paul Koeßler; 1967-70: Hermann Blenk; 1971-77: Karl Gerke; 1978-80: Herbert Wilhelm; 1981-86: Karl Heinrich Olsen; 1987-92: Gerhard Oberbeck; 1993-95: Werner Leonhard; 1996-1999: Norbert Kamp; seit 2000: Joachim Klein

Generalsekretäre

1943-45: Ernst August Roloff; 1946-48: Wilhelm Gehlhoff; 1949-50: Eduard Justi; 1951-53: Hermann Schlichting; 1954-1959: Hans Herloff Inhoffen; 1960-61: Hellmut Bodemüller; 1962-64: Hans Joachim Bogen; 1965-69: Hermann Schaefer; 1970-71: Karl Gerke; 1972-73: Arnold Beuermann; 1974-80: Karl Heinrich Olsen; 1981-82: Ulrich Wannagat; 1983-85: Hans Joachim Kanold; 1986-88: Egon Richter; 1989-91: Harmen Thies; 1992-94: Ulrich Wannagat; 1995-97: Helmut Braß; 1998-2000: Elmar Steck; seit 2001: Claus-Artur Scheier

Vorsitzende der Klassen

BIS 1954 SEKRETÄRE DER ABTEILUNGEN

Mathematik und Naturwissenschaften

1943-47: G. Cario; 1948-50: P. Dorn; 1951-53: H.H. Inhoffen; 1954-57: P. Dorn; 1958-60: H. Kroepelin; 1961: H. Poser; 1962-64: H. Hartmann; 1965-66: H. Schumann; 1967-72: M. Grützmaker; 1973-76: U. Wannagat; 1977-80: H.R. Müller; 1981-84: E. Richter; 1985-89: O. Rosenbach; 1990-91:

St. Schottlaender; 1992-94: H.-J. Kowalsky; 1995-97: H. Tietz; 1998-1999: K. Schügerl; 2000: G. Müller; 2001-2003: J. Heidberg; 2004-2006: E. Winterfeldt, seit 2007: Th. Hartmann

Ingenieurwissenschaften

1943-48: E. Marx; 1949-53: L. Pungs; 1954-56: O. Flachsbarth; 1957-60: W. Hofmann; 1961-64: H. Hausen; 1965-70: G. Wassermann; 1971-77: H.W. Hennicke; 1978-79: Th. Rummel; 1980-83: M. Mitschke; 1984-93: R. Jeschar; 1994-96: H.-G. Unger; 1997-2000: E. Stein; 2001-2005: M. Lindmayer; seit 2006-2008: P. Wriggers; seit 2009: U. Peil

Bauwissenschaften

1943-48: ?; 1949-53: Th. Kristen; 1954-62: F. Zimmermann; 1963-67: A. Pflüger; 1968-69: J. Göderitz; 1970-73: W. Wortmann; 1974: K.H. Olsen; 1975-78: H. Duddeck; 1979-83: W. Höpcke; 1984-93: J. Herrenberger; seit 1994: vereinigt mit der Klasse für Ingenieurwissenschaften

Geisteswissenschaften

1943-48: W. Jesse; 1949-53: W. Gehlhoff; 1954-57 (Obmann): W. Jesse; 1958-61 (Obmann): H. Glockner; 1962-68 (Obmann): H. Heffter; 1969-78: A. Beuermann; 1979-87: M. Gosebruch; 1988-89: H. Boeder; 1990-91: G. Maurach; 1992-1998: C.-A. Scheier; 1999: G. Maurach; 2000: C.-A. Scheier; seit 2001: H.-J. Behr

Satzung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

(In Kraft seit 21.05.2010)

§ 1

Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft hat durch eigene Tätigkeit und im Zusammenwirken mit anderen Gesellschaften der Wissenschaft zu dienen.

§ 2

Die Gesellschaft ist eine Körperschaft des öffentlichen Rechts. Ihr Sitz ist Braunschweig. Sie führt ein Dienstsiegel.

§ 3

Die Gesellschaft hat drei Klassen:

die Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften,
die Klasse für Ingenieurwissenschaften,
die Klasse für Geisteswissenschaften.

§ 4

(1) Die Gesellschaft besteht aus ordentlichen und korrespondierenden Mitgliedern.

(2) Ordentliche Mitglieder können verdienstvolle Gelehrte werden, die ihren Wohnsitz in Niedersachsen haben. Sie sind zur regelmäßigen Teilnahme an den Sitzungen des Plenums und ihrer Klassen sowie zur Förderung der wissenschaftlichen Arbeit verpflichtet und gehalten, zu den Publikationen der Gesellschaft beizutragen. Ordentliche Mitglieder, die das 70. Lebensjahr vollendet haben, werden von den Pflichten entbunden, behalten jedoch ihre Rechte bei. Die Höchstzahl der ordentlichen Mitglieder, welche das 70. Lebensjahr noch nicht vollendet haben, beträgt:

30 für die Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften,
40 für die Klasse für Ingenieurwissenschaften,
30 für die Klasse für Geisteswissenschaften.

(3) Zu korrespondierenden Mitgliedern können ohne Rücksicht auf ihren Wohnsitz verdienstvolle Gelehrte berufen werden, denen eine regelmäßige persönliche Teilnahme an den Sitzungen und Arbeiten der Gesellschaft nicht möglich ist. Sie können an allen Sitzungen teilnehmen, haben aber kein Stimmrecht. Die Zahl der korrespondierenden Mitglieder ist nicht beschränkt.

(4) Ordentliche Mitglieder, die ihren Verpflichtungen nicht nachzukommen vermögen, können die Überführung in den Status eines korrespondierenden Mitglieds beantragen. Von ordentlichen Mitgliedern, die ohne gerechtfertigten Grund vier aufeinanderfolgenden Sitzungen des Plenums oder ihrer Klasse ferngeblieben sind, muss angenommen werden, dass sie ihren Verpflichtungen nicht mehr nachzukommen vermögen. Auf Vorschlag ihrer Klasse kann durch den Verwaltungsausschuss die Mitgliedschaft in die eines korrespondierenden Mitglieds umgewandelt werden.

§ 5

Die Mitglieder werden auf Vorschlag von mindestens drei ordentlichen Mitgliedern und nach Antrag der zuständigen Klasse durch das Plenum in geheimer Abstimmung gewählt.

(1) Auf die Mitgliedschaft kann durch schriftliche Erklärung gegenüber dem Präsidenten / der Präsidentin verzichtet werden.

(2) Ein Mitglied kann wegen ehrenrührigen Verhaltens ausgeschlossen werden. Für das Verfahren gelten die Vorschriften über die Wahl.

§ 6

(1) Im Plenum und in den Klassen berichten die Mitglieder über eigene Arbeiten und die ihrer Mitarbeiter, die ordentlichen Mitglieder auch über Arbeiten anderer. Der / Die Vorsitzende kann zum wissenschaftlichen Teil der ordentlichen Sitzungen Gäste einladen, die von einem ordentlichen Mitglied eingeführt sind.

(2) Das Plenum hält in jedem Jahr mindestens eine Hauptsitzung ab. Es hört und erörtert Rechenschaftsberichte. Zu den Hauptsitzungen sind auch die korrespondierenden Mitglieder einzuladen.

(3) Das Plenum beschließt über die Geschäftsordnung, die Druckschriftenordnung, die Bestimmungen zur Verleihung der Gauß-Medaille sowie über Änderungen dieser Satzung.

§ 7

Die Gesellschaft gibt die „Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft“ sowie ein „Jahrbuch“ heraus. Einzelheiten regelt die Druckschriftenordnung.

§ 8

Die Gesellschaft kann darüber hinaus eigene Forschungsarbeiten durchführen, Forschungsarbeiten ihrer Mitglieder oder Dritter unterstützen, wissenschaftliche Stellungnahmen abgeben und wissenschaftliche Tagungen, Symposien

sowie Vorträge veranstalten. Um der Öffentlichkeit Einblick in wissenschaftliche Probleme zu geben und sie mit den Ergebnissen wissenschaftlicher Arbeit bekanntzumachen, veranstaltet die Gesellschaft auch öffentliche Vorträge. Ferner kann die Gesellschaft wissenschaftliche Schriften und Berichte herausgeben oder ihre Herausgabe unterstützen.

§ 9

Die Gesellschaft verleiht, in der Regel jährlich zum Geburtstag von Carl Friedrich Gauß am 30. April, die „Carl-Friedrich-Gauß-Medaille“. Das Verfahren regeln die besonderen Bestimmungen für die Verleihung der Gaußmedaille

§ 10

(1) Die Leitung der Gesellschaft obliegt dem Präsidenten/der Präsidentin. Er/ Sie beruft die Sitzungen des Plenums ein, stellt die Tagesordnung fest, leitet die Verhandlungen, hat bei allen mündlichen Abstimmungen für den Fall der Stimmengleichheit die entscheidende Stimme, führt den Vorsitz in allen Ausschüssen – soweit nicht andere Regelungen getroffen sind –, unterzeichnet die Sitzungsprotokolle und sorgt für die Ausführung der Beschlüsse. Er/Sie vertritt die Gesellschaft nach außen und hat die Aufsicht über die Geschäftsführung im Benehmen mit den Vizepräsidenten/-präsidentinnen.

(2) Der Präsident/Die Präsidentin wird aus dem Kreis der ordentlichen Mitglieder durch das Plenum in geheimer Abstimmung für die Amtsdauer von drei Jahren gewählt. Wiederwahl ist zulässig. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer.

(3) Die Gesellschaft hat zwei Vizepräsidenten/-präsidentinnen. Die Stellvertretung des Präsidenten/der Präsidentin obliegt dem / der dienstälteren Vizepräsidenten/-präsidentin. Die Vizepräsidenten/-präsidentinnen vertreten sich gegenseitig. Zu den Aufgaben eines/einer der beiden Vizepräsidenten/-präsidentinnen gehören vornehmlich die Geschäftsführung sowie die Veranstaltung öffentlicher Vorträge. Dem/Der anderen obliegt insbesondere die Herausgabe der Veröffentlichungen der Gesellschaft.

(4) Für die Wahl der Vizepräsidenten/-präsidentinnen gilt Abs. (2) entsprechend.

(5) Die Wahl des Präsidenten/der Präsidentin und der Vizepräsidenten/-präsidentinnen erfolgt so, dass in jedem Jahr eine der jeweiligen Amtszeiten endet.

§ 11

(1) Die Leitung der Klassen obliegt den Klassenvorsitzenden; § 10 Abs. 1 Satz 2 gilt entsprechend.

(2) Die ordentlichen Mitglieder jeder Klasse wählen aus ihrem Kreis in geheimer Abstimmung die Klassenvorsitzenden für die Amtszeit von drei Jahren so,

dass jedes Jahr einer der Klassenvorsitzenden ausscheidet. Wiederwahl ist zulässig. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer.

(3) Die Klassenvorsitzenden werden durch ihre Vorgänger/-innen im Amt vertreten.

§ 12

Der Präsident/Die Präsidentin, die Vizepräsidenten/-präsidentinnen und die Klassenvorsitzenden bilden den Verwaltungsausschuss. Dieser hat die Aufgabe, über Arbeitsvorhaben und Arbeitsweise der Gesellschaft zu beschließen, den Haushaltsplan aufzustellen und über Inventar und Vermögen der Gesellschaft im Rahmen der Beschlussfassung des Plenums zu verfügen. Der Präsident/Die Präsidentin kann zur Beratung des Verwaltungsausschusses Mitglieder der Gesellschaft und andere Persönlichkeiten hinzuziehen, deren Teilnahme im Interesse der Gesellschaft liegt.

§ 13

(1) Der Haushaltsplan ist vor Beginn des Haushaltsjahres (Kalenderjahr) aufzustellen und vom Plenum zu beschließen.

(2) Überschüsse früherer Jahre verbleiben der Gesellschaft; sie sind im Haushaltsplan auszuweisen.

(3) Die Gesellschaft hat nach Ende eines jeden Haushaltsjahres eine Rechnung aufzustellen. Die Rechnung ist, unbeschadet einer Prüfung durch den LRH nach § 111 LHO, durch ein in einem ordnungsgemäßen Vergabeverfahren ermitteltes Wirtschaftsprüfungsunternehmen, zu prüfen. Die Prüfung soll sich auf die Ordnungsmäßigkeit der Rechnungslegung sowie auf die wirtschaftliche und satzungsgemäße Verwendung der Mittel erstrecken.

Das Plenum beschließt ferner über die Entlastung des Verwaltungsausschusses. Die Entlastung bedarf der Genehmigung des MWK und des MF.

§ 14

(1) Zu Wahlen und Beschlussfassungen gemäß § 13 Abs. 1 und 4 muss mindestens die Hälfte der Anzahl der ordentlichen Mitglieder unter 70 Jahren anwesend sein.

(2) Die Wahlen und die Beschlüsse über Satzungsänderungen erfordern eine Stimmenmehrheit von zwei Dritteln aller anwesenden stimmberechtigten Mitglieder. Führt bei der Wahl des Präsidenten/der Präsidentin und der Vizepräsidenten/-präsidentinnen der erste Wahlgang zu keiner Zweidrittelmehrheit, so findet sofort ein zweiter Wahlgang statt. Wird auch hierbei die Zweidrittelmehrheit nicht erzielt, so ist in einem dritten Wahlgang gewählt, wer die abso-

lute Mehrheit erreicht. Notfalls ist eine Stichwahl durchzuführen. Bei Stimmengleichheit entscheidet das Los.

(3) Bei den übrigen Beschlussfassungen und sonstigen Abstimmungen entscheidet die einfache Mehrheit der stimmberechtigten Anwesenden.

(4) Ordentliche Mitglieder können ihr Stimmrecht durch schriftliche Vollmacht auf ein anderes ordentliches Mitglied übertragen; in diesem Fall gelten sie als anwesend.

§ 15

(1) Die Wahl des Präsidenten/der Präsidentin und der Vizepräsidenten/-präsidentinnen bedarf der Bestätigung durch die Landesregierung.

(2) Der Haushaltsplan und Änderungen dieser Satzung bedürfen der Genehmigung durch die Landesregierung.

(3) Das Ergebnis der Wahlen der ordentlichen Mitglieder und der Klassenvorsitzenden, der Ausschluss eines Mitglieds und der Verzicht eines Mitglieds auf die Mitgliedschaft sind der Landesregierung anzuzeigen.

Übergangsbestimmungen

Die Satzung tritt mit dem Tag der Genehmigung in Kraft.

Um eine Verzahnung der Amtsdauer im Präsidium zu gewährleisten, gilt bei den ersten Wahlen, dass die Amtsdauer für den Präsidenten/die Präsidentin 3 Jahre, für den einen Vizepräsidenten/die eine Vizepräsidentin 2 Jahre und für den anderen Vizepräsidenten/die andere Vizepräsidentin 1 Jahr beträgt.

Veranstaltungen der BWG

6. Bioethik-Symposium

Humangenetische Diagnostik – Wozu? Wohin?

Veranstaltungstag: Donnerstag, 4. Februar 2010

Veranstalter: Akademie für Ethik in der Medizin e.V., Göttingen
Evangelisches Klosterforum Braunschweig
Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Veranstaltungsort: Haus der Wissenschaft, Braunschweig, Pockelsstraße 11

Im April 2009 hat der Deutsche Bundestag ein „Gesetz über genetische Untersuchungen bei Menschen (Gendiagnostikgesetz)“ verabschiedet.

Dieses Gesetz umfasst mehr als genetische Untersuchungen. Der für unsere Gesellschaft relevante Kern betrifft vor allem die Regelung des Umgangs mit jenen genetischen Informationen, die nicht allein die untersuchte Person bzw. das sich entwickelnde Leben, sondern auch Verwandte oder andere erwachsene Personen angehen.

In der vorgeburtlichen Diagnostik geht es um die Feststellung von Erbanlagen, die zu Krankheiten disponieren. Bei Erwachsenen zielen genetische Untersuchungen zumeist auf die Erkennung von Ursachen für nachgewiesene Krankheiten (z.B. spezielle Formen von Dickdarmkrebs), für Medikamenten-(un)verträglichkeiten (sog. Pharmakogenetik) oder auf den Nachweis oder Ausschluss von Ursachen für drohende Erkrankungen (z.B. spezielle Formen von Herz- oder Gehirnerkrankungen). Auch lässt sich bei manchen Krankheiten das Risiko erfassen, dass auch Kinder solcher Anlagenträger früher oder später in gleicher Weise erkranken (z.B. bei Brustkrebs oder Dickdarmkrebs).

Werden eines Tages Arbeitgeber oder Krankenkassen oder Lebensversicherungen uns nach unseren genetischen Daten fragen und ihr Verhalten nach dem Ergebnis bestimmen? Haben wir nicht auch das Recht auf genetisches Nicht-Wissen? Wird unsere Zukunftsoffenheit einem genetischen Determinismus geopfert?

Das neue Gendiagnostikgesetz gilt dem Schutz des einzelnen Kranken wie auch der Gesellschaft. Kann dieses Ziel erreicht werden?

Das 6. Bioethik-Symposium stellte die vielfältigen Aspekte eines grundlegenden Problems zwischen Wissenschaft und Gesellschaft vor.

14.00 *Begrüßung und Einführung*

Joachim Klein, Braunschweig

Moderation: Joachim Klein, Braunschweig

14.15 Karl Sperling, Berlin

Was ist human-genetische Diagnostik?

15.00 Peter Propping, Bonn

Wozu dient humangenetische Diagnostik? Klinische Perspektiven

15.45 Wolfram Eberbach, Erfurt

Das neue Gendiagnostik-Gesetz: seine Bedeutung für das Individuum und das Umfeld

Moderation: Claudia Wiesemann, Göttingen

16.45 Jan P. Beckmann, Hagen

Philosophisch-ethische Perspektiven der humangenetischen Diagnostik

17.30 Friedrich Lohmann, Berlin

Theologisch-ethische Perspektiven zur humangenetischen Diagnostik

18.15 Klaus Gahl, Braunschweig

Schlusswort

6. Interdisziplinäres Symposium zu Fragen der Bioethik am 04.02.2010

Humangenetische Diagnostik – Wozu? Wohin?*

Das im April 2009 vom Deutschen Bundestag verabschiedete und am 1. Februar 2010 in Kraft getretene „Gesetz über genetische Untersuchungen bei Menschen“ – kurz Gendiagnostikgesetz (GenDG) gab Anstoß, das Thema „Humangenetische Diagnostik – wozu? wohin?“ zum Gegenstand des 6. Bioethik-Symposiums – veranstaltet von der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft in Kooperation mit dem Evangelischen Klosterforum Braunschweig und der Akademie für Ethik in der Medizin e.V., Göttingen – zu wählen. Geht es doch bei den im Gesetz angesprochenen diagnostischen Möglichkeiten nicht allein um den engeren Raum medizinischer Versorgung einzelner Kranker durch einzelne Ärzte/Ärztinnen. Vielmehr eröffnet sich ein Horizont, der weit über das ärztliche Handeln hinaus in den soziokulturellen Bereich unseres Verständnisses von Krankheit und Gesundheit, von solidarischer Verantwortung und Mitmenschlichkeit und nicht zuletzt in das Selbstverständnis des Menschen in seiner Würde und Sinnhaftigkeit reicht. Das gewählte Thema ist also nicht nur medizinisch sondern vielmehr interdisziplinär, individual- und sozialetisch zu bedenken. Dementsprechend war das Programm dieses Symposiums ausgerichtet.

Prof. Dr. Karl Sperling, Direktor des Instituts für Humangenetik der Universitätsmedizin Charité Berlin, stellte Grundlagen humangenetischer Diagnostik dar. Er zitierte eingangs US-Präsident Bill Clinton anlässlich des vorläufigen Abschlusses des internationalen Humangenomprojektes im Juni 2000: „Die Genetik wird einen realen Einfluss auf unser aller Leben haben – und noch stärker auf das Leben unserer Kinder. Sie wird die Diagnose, Prävention und Behandlung der meisten, wenn nicht aller menschlichen Krankheiten revolutionieren.“ Für die Diagnostik habe sich diese Aussage schon weitgehend erfüllt. Während die erstmalige Bestimmung der Basensequenz des menschlichen Erbguts mit seinen 3,2 Milliarden Bausteinen etwa 3 Milliarden US \$ kostete, lassen sich durch die neuen Sequenziersysteme die Kosten drastisch verringern, sodass es bereits in wenigen Jahren möglich sein sollte, das menschliche Genom für 1000 \$ zu (re-)sequenzieren. Wenn man zudem berücksichtigt,

* Vorgelegt von Klaus Gahl, 09.01.2011.

dass es kaum eine Krankheit gibt, an der nicht auch Erbanlagen beteiligt sind, wird die molekulare Diagnostik zukünftig eine wichtige Grundlage individualisierter Medizin bieten.

An der Erforschung des menschlichen Genoms lässt sich exemplarisch zeigen, wie der Einblick in Komplexität durch reduktionistische Vorgehensweisen gelingen kann und wie eng damit Begriffs- und Theoriebildung verwoben sind. So lässt sich die Bedeutung einzelner Gene am einfachsten erschließen, wenn sie durch Mutation abgewandelt sind (Allele) und zu einer veränderten Merkmalsbildung führen. Wenn ein bestimmtes Merkmal entsprechend den Mendelschen Gesetzen vererbt wird, beruht dies – unabhängig von der Komplexität seiner Erscheinung – stets auf der Veränderung eines Gens. Auf diese Weise lässt sich die Wirkung eines Allels vor dem Hintergrund aller übrigen Gene analysieren. Das kann aber dazu verleiten, dass man mehr zu wissen glaubt, als man tatsächlich weiß. Bis heute habe für etwa 3.500 seltene, monogen bedingte Krankheiten die molekulare Grundlage aufgeklärt werden können. Ziel des Vortrages war es, basierend auf den biologischen Grundlagen der Entwicklung die Möglichkeiten und Implikationen genetischer Diagnostik zu illustrieren.

Als Zeitpunkt für den Beginn der Entwicklung eines Individuums gilt vereinbarungsgemäß der Abschluss der Befruchtung der Eizelle mit der Vereinigung der elterlichen Genome. Da alle Körperzellen letztlich durch wiederholte Zellteilung (Mitose) aus der befruchteten Eizelle (Zygote) hervorgehen, erhalten sie auch sämtliche Erbanlagen. Daraus ergibt sich, dass molekulargenetische Diagnostik im Prinzip an jeder Zelle und zu jedem Zeitpunkt der Entwicklung vorgenommen werden kann, also auch lange vor der Geburt (pränatal einschließlich der Präimplantationsdiagnostik) oder vor der Manifestation einer Krankheit (prädiktive Diagnostik). Dass sich die verschiedenen Gewebe in morphologischer und physiologischer Hinsicht unterscheiden, beruht letztlich darauf, dass jeweils nur bestimmte Gene aktiv sind. Die entwicklungs- und gewebsspezifische Regulation der Genaktivität ist daher Grundlage des Entwicklungs- und Differenzierungsgeschehens. Von entscheidender Bedeutung dafür sind epigenetische Prozesse (z.B. die Methylierung von DNA), auf die die stabilen und auf die Tochterzellen vererbten Unterschiede in der Genexpression ohne DNA-Sequenzunterschiede zurückgeführt werden. Diese Prozesse können zudem durch Umweltfaktoren beeinflusst werden. Ihnen kommt daher auch aus medizinischer Sicht eine erhebliche Bedeutung zu. Im Verlauf der Embryogenese finden wiederholt starke Veränderungen im genomweiten Methylierungsmuster statt. Während der Keimzellbildung führt dies zu einer unterschiedlichen elternspezifischen Prägung (Imprinting) bestimmter Gene. Das UBE3A Gen ist ein Beispiel dafür. Dabei ist, vereinfacht gesprochen, nur das mütterliche Allel aktiv. Eine Mutation in diesem Gen (auf dem Chromosom 15) führt daher nur dann zu einem genetischen Defekt, dem Angelman-Syndrom (mit sehr variablen psychomotorischen und kognitiven Störungen), wenn sie

von der Mutter vererbt wurde. 1994 ist erstmals ein solcher Imprinting-Defekt als ein neuer Mechanismus genetisch bedingter Krankheiten beschrieben worden. Hier weist die mütterliche Genregion ein väterliches Methylierungsmuster auf, sodass das Gen inaktiv ist und das Kind ein Angelman-Syndrom entwickelt. Inzwischen sei gut belegt, dass derartige Imprinting-Mutationen nach künstlicher Befruchtung (IVF) etwas häufiger auftreten.

Wie sich die Menschen äußerlich unterscheiden, so auch hinsichtlich ihrer physiologischen Eigenschaften. Dieses auf Garrod (1909) zurückgehende Konzept der biochemischen (genetischen) Individualität begreift Krankheit nicht als Gegensatz zu Gesundheit sondern als Störung eines homöostatischen Netzwerks, welches das Ergebnis eines langen evolutionären Prozesses ist. Die Veränderung eines Gens betrifft dabei nur eine Komponente dieses stark gepufferten Systems, dessen Eigenschaft es ist, nachteilige Auswirkungen zu kompensieren. Entsprechend variabel ist die individuelle Reaktion auf derartige Veränderungen. Diese Sichtweise impliziert zugleich, dass Krankheit eine wesentliche zeitliche Komponente aufweist: Bei gegebener genetischer Veranlagung kann daher durch geeignete präventive Maßnahmen eine Manifestation u.U. ganz vermieden werden. In diesem Fall wird nicht der Kranke sondern der Gesunde untersucht und beraten (präventive Medizin).

Es macht einen grundlegenden Unterschied, ob man bei einem betroffenen Individuum eine *Diagnose* stellt oder z.B. im Rahmen der pränatalen oder prädiktiven Diagnostik einen auffälligen molekulargenetischen Befund erhebt und eine *Prognose* abgeben soll, da dazu auch das epigenetische Entwicklungsgeschehen zu berücksichtigen ist. Trotz immer größeren Messaufwandes ist allein aufgrund stochastischer Prozesse und der Komplexität der Wechselwirkungen eine präzise Vorhersage nur eingeschränkt möglich. Auch der weitere Fortschritt wird an der eingeschränkten Präzision der Vorhersage nichts Grundsätzliches ändern. Dieser Aspekt sei dem Humangenetiker besonders vertraut, da er Familien mit genetisch bedingten Krankheiten auch bezüglich der Prognose, d.h. der Wahrscheinlichkeit der Manifestation genetischer Disposition zu beraten hat.

Im Rahmen des Humangenomprojektes ist die Basenabfolge des menschlichen Genoms nahezu vollständig „entschlüsselt“ und die Zahl der Gene auf etwa 25.000 bestimmt worden. Veränderungen jeweils in einzelnen Genen (Mutationen) führen zu sog. monogen bedingten Krankheiten. Mehr als 2000 zu Krankheiten disponierende Gene sind inzwischen identifiziert, die etwa 3.500 unterschiedlichen monogenen Krankheiten zugrunde liegen.

Die außerordentlichen technischen Innovationen bei der DNA-Sequenzierung lassen erwarten, dass in absehbarer Zeit mittels der Re-Sequenzierung vollständiger menschlicher Genome ein Nachweis praktisch aller Unterschiede in der DNA-Sequenz von Patienten und gesunden Kontrollpersonen möglich wird. Eine der wichtigsten Herausforderungen werde es daher sein, die pathogenetisch

wichtigen Sequenzveränderungen von den vielen funktionell unbedeutenden Varianten zu unterscheiden. Die entscheidende Voraussetzung hierfür ist die Verfügbarkeit großer Kollektive klinisch gut charakterisierter Patienten (und Kontrollpersonen) sowie die Zusammenführung aller relevanten klinischen und molekularen Daten in einer gemeinsamen Datenbank (Biobank), um die medizinische Bedeutung gen-diagnostischer Befunde beurteilen zu können. Selbstverständlich ist auch die Rechtslage hinsichtlich der Nutzung solcher Proben zu klären, die im Rahmen einer medizinischen Behandlung gewonnen werden. Vor diesem Hintergrund komme dem neuen Gendiagnostikgesetz eine wichtige Bedeutung zu.

Im Blick auf die klinische Praxis der genetischen Diagnostik betonte Sperling nachdrücklich das Erfordernis einer ausführlichen Aufklärung *vor* dem anstehenden Test über Risiken, die kritisch zu stellende Indikation und die Aussagekraft der Untersuchung; über die *nach* dem Test sich eröffnenden Handlungsmöglichkeiten und eine eingehende genetische Beratung. Der Vortrag machte die vielfältige Komplexität, die positiven Perspektiven, aber auch die Gefahren humangenetischer Diagnostik überaus deutlich.

Der Frage „Wozu dient humangenetische Diagnostik?“ widmete sich Herr **Prof. Dr. Peter Propping**, em. Direktor des Humangenetischen Institutes der Universität Bonn. Im 1. Teil seines Vortrags ging es um die exakte Diagnostik bei phänotypisch manifesten Krankheiten. So im 1. Beispiel um die Klärung, ob ein unter Obstipation leidendes Geschwisterkind eines an Mukoviszidose (zystischer Fibrose) erkrankten Kindes in gleicher Weise das Vollbild dieser autosomal-rezessiv disponierten Erkrankung mit Wachstumsstörung, progredienter Pankreasinsuffizienz und rezidivierenden schweren Bronchitiden/Bronchopneumonien mit deutlich eingeschränkter Lebensqualität und -erwartung entwickeln wird. Handelt es sich bei der Obstipation also um eine mitigierte Form durch eine der > 800 Mutationen des CFTR-Gens im Chromosom 7(q31) mit den vielen Varianten des Krankheitsbildes, oder liegt eine andere Ätiologie zugrunde? – Als 2. Beispiel stellte der Referent die sehr variablen Formen geistiger Behinderung dar, darunter zahlreiche genetisch veranlagte Manifestationen. Sie können (u. a.) durch deletierte oder duplizierte Genloci, durch instabile Trinukleotid-Wiederholungen, durch Mikrodeletion auf Chromosom 15(q13.3) oder ein sog. fragiles X-Syndrom bedingt sein. So stellt sich bei Neugeborenen mit Fehlbildungen, bei Kindern mit geistiger Behinderung und verzögerter psychomotorischer Entwicklung oder später mit primärer Amenorrhoe oder Klimakterium praecox oder bei In-/Subfertilität oder habituellen Aborten immer auch die Frage nach chromosomalen Mikrodeletionen. – Die neurodegenerative Chorea Huntington ist ebenfalls eine (autosomal-dominante) Erbkrankheit mit klinischer Manifestation typischerweise im 4. bis 6. Lebensjahrzehnt mit unwillkürlichen ausfahrenden „choreatischen“ Bewegungen, psychischen Störungen bis hin zur Demenz. Sie führt nach i.D. 10–20jährigem Verlauf zum Tode.

Manifestationsalter und Schweregrad korrelieren mit der Länge der (pathologisch > 37 vermehrten) Cytosin-Adenosin-Guanosin-Trinukleotid-Wiederholungen auf dem Chromosom 4p16.3. Das Dispositionsrisiko für die Nachkommen beträgt angesichts der vollständigen Penetranz 50% bei Kindern einer erkrankten Elternperson. Die genetische Diagnostik zielt auf die Klärung der Homo- oder Heterozygotie bei klinisch gesunden Angehörigen von Huntington-Kranken und auf die Länge der CAG-repeats. – Der Dickdarmkrebs, das Colorectale Carcinom (CRC) ist mit 10–16 % eine der häufigsten bösartigen Erkrankungen weltweit. Dabei zeigen sich mit einer familiären Häufung von 15–20 % endoskopisch Vorstufen (Adenome, Polypen) der malignen Entartung. Neben „sporadischen“ Fällen (65–80 %) sind ca. 15–20 % familiär, aber nur 2–3 % monogenetisch autosomal-dominant vererbt. Im Gegensatz zu den erblichen Formen manifestieren sich die familiäre adenomatöse Polyposis (FAP) und das nicht-polypöse CRC (Lynch-Syndrom) oft vor dem 50. Lebensjahr, nicht selten auch mit anderweitigen Carcinomen (Magen-Darm-Trakt, Endometrium, Knochen, Urothel). Die Frage an den Genetiker ist hier der Nachweis oder Ausschluss einer krankheitsdisponierenden Keimbahnmutation in DNA-Reparaturgenen (im German HNPCC Consortium in 50 % der 1389 erfassten Patienten als MSH2 und 38 % als MLH1-Mutation auf den Chromosomen 2 und 3). Die FAP hingegen zeigt einen Defekt des APC-Gens auf Chromosom 5(q21). Eine zentrale einheitliche Registrierung und Referenzpathologie stehen seitens des Instituts für Medizinische Informatik, Statistik und Epidemiologie (Leipzig) oder dem German HNPCC Consortium zur Verfügung. Die Dokumentation dient auch der Prüfung der Effektivität der Dickdarmspiegelung (Coloskopie) in einjährigen Abständen bei Personen mit HNPCC oder deren Angehörigen (beginnend mit dem 25. Ljr. oder fünf Jahre vor dem frühesten CRC in der Familie) verbunden mit der Sonographie (incl. gynäkologisch-vaginaler Untersuchung), Ösophago-Gastro-Duodenoskopie ab dem 35. Ljr. Die Erfassung belegt die altersabhängige Zunahme von potentiell malignen Adenomen und Polypen. – Nächst den verschiedenen Formen des CRC ist bei Frauen das Mamma-Carcinom der häufigste Krebs (in Deutschland ca. 57000 Neuerkrankungen pro Jahr mit einer Letalität von ca. 30 %), davon ca. 5 % genetisch determiniert mit jüngerem Manifestationsalter als bei der sporadischen Form. Die Disposition besteht in einer höheren Empfänglichkeit für Brustkrebs auf äußere Einflüsse. Sie ist bedingt durch Veränderungen in den Tumorsuppressorgenen BRCA1 (auf 17q21) und BRCA2 (auf 13q21). Die betroffenen Frauen entwickeln in 55–85 % im Alter von 60 bzw. 80 Jahren ein Mamma-Carcinom, oft beidseitig. Zudem erkranken bis zu 50 und 20 % (bis zum Alter von 80 Jahren) an einem Ovarial-Carcinom (BRCA1 und 2 assoziiert). Die beiden Gene sind an der zellulären Reparaturantwort auf Schädigungen der DNA beteiligt. Da die Wahrscheinlichkeit, an Brustkrebs zu erkranken, ab zwei Erkrankungsfällen (Brust- oder Ovarial-Carcinom) in der Familie steigt, wird eine genetische Beratung dringend empfohlen. – Ein weiteres Aufgabenfeld für den Humangenetiker ist

die Heterozygotentestung in manchen Bevölkerungsgruppen: z.B. auf die Tay-Sachs-Krankheit, eine Gangliosid-Stoffwechselstörung infolge Hexosaminidase-Defekt mit progredienter Hirnschädigung, psychomotorischem Abbau und Lähmungen schon im ersten Lebenshalbjahr; die Kinder sterben früh (i.d.R. vor dem 4. Ljr.) an rezidivierenden Lungenentzündungen. Die zugrunde liegende Mutation auf Chromosom 15 (15q23-24) zeigt eine auffallende Häufigkeit in der osteuropäischen jüdischen Bevölkerung, unter Franco-Canadiern und Iren. Die Krankheit ist bei autosomal-rezessiver Mutation durch präkonzeptionelle Beratung bzw. Verzicht auf Schwangerschaften seltener. – Die β -Thalassämie („Mittelmeer- oder Cooley-Anämie“) mit einem Gendefekt (Raster- oder Punktmutation am β -Globin-Gen) auf Chromosom 11 mit gestörter Hämoglobin-Synthese wird autosomal-rezessiv vererbt (mit zahlreichen Varianten). Homologe Mutationsträger sind bereits im frühen Kindesalter schwerkrank und leiden zunehmend unter einer Anämie, Wachstumsstörungen, Organschäden und Knochenfehlbildungen. Auch hier zielt die genetische Beratung nach Heterozygotentestung auf die Vermeidung von Schwangerschaften oder selektive Abtreibung. – Ein drittes Feld humangenetischer Diagnostik sind genetisch disponierte Arzneimittel-Unverträglichkeiten und -Nebenwirkungen. Können doch alle Genvarianten zu individuell unterschiedlichen Aktivitäten von „Entgiftungsenzymen“ (z.B. Cytochrom P450) führen oder Genmutationen die normale Funktion eines für den Abbau von Arzneimitteln erforderlichen Enzyms, eines Rezeptors oder eines Transport- oder Ionenkanalproteins (z.B. bei der Halothan-Hyperthermie oder der Cumarin- oder Insulin-Resistenz) beeinträchtigen. Das in der Tumorthherapie (gegen Brustkrebs oder CRC; s.o.) häufig eingesetzte 5-Fluorouracil kann bei Personen mit erblichem Dihydropyrimidin-dehydrogenase-Mangel (einem Schlüsselenzym im Metabolismus der Fluoropyrimidine) zu schweren, u.U. lebensbedrohlichen Nebenwirkungen (Knochenmarks- oder Hirnschädigung) führen. Eine prospektive Gentypisierung der mit 5-FU zu behandelnden Patienten ließe eine deutliche Reduktion der 5-FU-Toxizität erwarten. – Für die postoperative Nachbehandlung von Frauen mit Oestrogen-Rezeptor-positivem Mamma-Carcinom wird (in Deutschland) die Rezeptorblockade mit Tamoxifen empfohlen. Diese Substanz bedarf der Aktivierung durch Cytochrom P-Enzyme, vor allem Cyt P2D6. Das dafür kodierende Gen ist sehr variabel und weist große interindividuelle Unterschiede auf (> 100 Polymorphismen). Durch eine Cyt P2D6-Gentypisierung lassen sich Therapie-Responder von Nicht-Respondern unterscheiden, denen dann die nicht nebenwirkungsfreie Therapie mit Tamoxifen erspart werden kann. 10 % sind homozygot für das Defektallel. – Angesichts der rasanten Entwicklung molekularbiologischer, genetischer Diagnostik zeichnet sich als „Albtraum“ sowohl für die immer komplexere Beratung als auch für die Interpretation der geno- und phänotypischen Befunde das „1000-Dollar-Genom“, die (nahezu) vollständige genetische Kenntnis jedes Individuums ab. Große Vorbehalte sind angebracht bezüglich der in weniger erfahrenen Labors großen Rate von methodischen und

interpretativen Fehlern (zumal ohne Qualitätskontrolle), der Unkenntnis der individuellen und familiären genetischen Situation der untersuchten Personen und der mangelhaften oder gar fehlenden genetischen Beratung. – So war Proppings Fazit, dass die hochsensible humangenetische Diagnostik klare Fragestellungen erfordere, sowohl bei Personen mit als auch ohne familiäre (geno- oder phänotypische) Auffälligkeiten. Vorauszusetzen sei ein fortlaufend qualitätskontrolliertes erfahrenes Labor mit hoher technologischer und klinischer Fachkompetenz. Vor der genetischen Untersuchung stehe die umfangreiche Aufklärung und Beratung für das aktuelle und das zukünftige Handeln der (potentiellen) Mutter/Eltern, und schließlich die konsentiertene Einwilligung. Die Konsequenzen der zu erwartenden Befunde müssten vor der Untersuchung geklärt werden. Eine prädiktive Diagnostik sei nur nach eingehender genetischer Beratung zu legitimieren.

Über das neue GenDG berichtete Ministerialdirigent **Dr. jur. Wolfram Eberbach** vom Thüringischen Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kunst in Erfurt. Das Gesetz betrifft grundsätzliche Rechtspositionen wie Menschenwürde, Selbstbestimmungsrecht, das Lebensrecht Ungeborener, das Kindeswohl, das Recht an eigenen biologischen, nicht nur gesundheitsrelevanten Daten, den Versicherungsschutz. So umfänglich es ist, lässt es doch Felder offen im Blick auf weiteren nationalen und internationalen Regelungsbedarf (Forschung, Aufbau und Unterhalt europa-weiter Biodatenbanken u.a.).

In § 1 Satz 1 werden zwei der unumstößlichen Grundrechte genannt: „Zweck des Gesetzes ist ... die staatliche Verpflichtung zur Achtung und zum Schutz der Würde des Menschen und des Rechts auf informationelle Selbstbestimmung zu wahren.“ Die Datenherrschaft liegt beim Untersuchten. Das Recht der Selbstbestimmung wahrzunehmen, setzt Aufklärung und genetische Beratung voraus, die für die Einwilligung in genetische Diagnostik zu fordern ist. Die Aufklärung über Wesen, Bedeutung und Tragweite der Untersuchung geht über den Umfang allgemeiner ärztlicher Aufklärung hinaus: über Zweck, Art und Umfang einschließlich der Aussagekraft der geplanten Diagnostik (§ 9, Abs. 2/1), über die zeitnahen und prospektiven physischen und psychischen Risiken; über die vorgesehene Verwendung der entnommenen Zell- oder Gewebeproben und der daraus gewonnenen Daten. Die Einwilligung in genetische Diagnostik ist jederzeit schriftlich oder mündlich widerrufbar (§ 8, Abs. 2/1). Das Gesetz garantiert auch das Recht auf Nichtwissen und schützt vor dem Zwang zu genetischer Offenbarung gegenüber Kranken- und Sozialversicherungen und Arbeitgeber. In § 9, Abs. 2 wird auch der Umgang mit längst routinemäßig durchgeführten Reihenuntersuchungen an Neugeborenen auf behandelbare Stoffwechselstörungen (z.B. Phenylketonurie) geregelt. Die Beratung i.e.S. zielt auf die genetische Veranlagung zu sich spät manifestierenden Krankheiten (z.B. Fettstoffwechselstörungen als Risikofaktor für kardiovaskuläre Krankheiten) und monogenetisch determinierte Krankheiten (z.B. Chorea Huntington). Wird ein über

die Diagnostik einer aktuellen Erkrankung hinausgehender genetischer Befund erhoben, der auch Angehörige der untersuchten Person betreffen kann, empfiehlt das Gesetz, dass diese Person die Verwandten zu einer genetischen Beratung veranlassen solle. Der Kranke trägt damit nicht allein für sich sondern auch für die Angehörigen Verantwortung.

Der Aufklärung und genetischen Beratung folgt die schriftliche Einwilligung (§8, Abs. 1/1). Mit ihr legt der Untersuchte Umfang und Zweck der Untersuchung fest und bestimmt, ob die gewonnenen Daten vernichtet, auf eine festzulegende Frist hin aufbewahrt oder für Forschungszwecke freigegeben werden sollen (§11, Abs. 4 i.V.m. § 8, Abs. 1,2). Im Blick auf eine eventuell später erforderliche Beweispflicht für den Arzt oder eine Versicherung dürfen jedoch keine Daten nach Information des Untersuchten sofort vernichtet werden.

Das GenDG regelt auch die institutionellen Voraussetzungen für genetische Beratung und Untersuchung: akkreditiertes Labor, qualifiziertes Personal und spezialisierte Ärzte/Ärztinnen (§§ 5–7). Der genetischen Untersuchung muss eine erneute Beratung, im Falle prädiktiver Aspekte durch einen Facharzt/eine Fachärztin für Humangenetik folgen (§7). Hier zeige sich eine der Umsetzungsschwierigkeiten des Gesetzes in die Praxis: die derzeitigen Kapazitäten reichten für die geforderte Beratung bei weitem nicht aus, selbst nicht innerhalb der Übergangsfrist bis zum 1.2.2012.

Die pränatale genetische Diagnostik (präimplantativ oder im 1. Trimenon einer Schwangerschaft) ist begrenzt. Auch sie setzt Aufklärung und schriftliche Einwilligung der (potentiellen) Schwangeren oder Mutter bzw. die eingehende Beratung vor und nach der Untersuchung und die Begrenzung auf die Erfassung der genetischen Konstellation voraus, die die Gesundheit des Kindes beeinträchtigen oder die die Wirkung von Arzneimitteln, die für eine vorgesehene Behandlung eingesetzt werden sollen, beeinflussen könnte.

Die genetische Diagnostik des Geschlechts des Kindes darf der Mutter erst nach der 12. Schwangerschaftswoche mitgeteilt werden (auch dann nur mit Einwilligung); geschlechtsselektive Abtreibung ist untersagt. Auf spätmanifestierende Krankheiten zielende genetische Untersuchungen sind nicht zulässig. Dem Volljährigen soll selbst überlassen werden, bei familiärer Belastung ggf. die eigene Disposition untersuchen zu lassen. So sind auch das Recht auf Nichtwissen und der Schutz vor einem Zwang zu genetischer Diagnostik garantiert. Problematisch bleibe aber das Vorgehen des Arztes und der untersuchten Person in dem Fall, dass eine zulässige genetische Untersuchung gleichzeitig eine sich erst spät manifestierende Krankheitsdisposition (z.B. Brustkrebs) aufdeckt. Soll und darf ein solcher Befund der Schwangeren vorenthalten werden?

Humangenetische Diagnostik gewinnt mit dem Arbeits- und Versicherungsrecht eine neue Brisanz. In der privaten Krankenversicherung könnten Prämien nach dem Äquivalenzprinzip dem genetisch erfassten Erkrankungsrisiko angepasst,

in der gesetzlichen Krankenversicherung Personen aufgrund eines genetischen Risikos ausgeschlossen werden. Das gesetzlich geschützte Recht auf Nichtwissen sei gefährdet. Auch bestehe die Gefahr der Diskriminierung von Eltern und Kindern mit erblichen Krankheiten. Im Arbeitsleben seien Ausgrenzungen oder Auflösung von Arbeitsverträgen aufgrund genetischer Disposition zu befürchten.

So umfangreich Eberbach das GenDG darstellte, so ließ er doch Lücken des Gesetzes erkennen. Es fehlten Regelungen für nicht einwilligungsfähige Personen (§ 14), für Reihenuntersuchungen (§ 16), für Abstammungsuntersuchungen (§ 17) und ausländerrechtliche Regelungen (§ 17). Eine Gendiagnostik-Kommission wird Richtlinien bezüglich zu inkludierender spätmanifestierender Krankheiten erstellen.

Eberbach ging auf vier Aspekte öffentlicher Auswirkungen der gesetzlichen Regelung der Gendiagnostik ein: 1.) die voraussichtlich schnell zunehmende Vereinfachung und „Alltäglichkeit“ und damit verbundene „Entproblematisierung“, Bagatellisierung und Kommerzialisierung genetischer Diagnostik; 2.) die massenhafte Verfügbarkeit über das Internet; 3.) ihre Verbindung mit Präventionsmaximen und 4.) ihre Verknüpfung mit individueller Pharmakotherapie. Diese Tendenzen können kaum aufgehalten werden durch die kritischen Vorbehalte: (zu 1.) Vorsicht sei geboten bezüglich der methodischen und praktischen Validität derzeit bereits käuflicher Genom-Checks (zu minimal 250 US-\$) oder der z.T. inkompetenten Nutzung durch nicht spezialisiert humangenetisch ausgebildete Personen. Die Behauptung des Selbstbestimmungsrechtes potentieller Nutzer werde auch Marktmechanismen des Angebotes bestimmen. (zu 2.) Die massenhafte Verfügbarkeit werde kaum dem Datenschutz standhalten können und Zugriffsmöglichkeiten für von genetischen Krankheiten Betroffene, für Versicherungen und andere Institutionen bieten. (zu 3.) Angesichts der Kostenentwicklung im Gesundheitssystem könnten Forderungen gendiagnostisch gestützter Prävention für die einzelne untersuchte Person und für die Gesellschaft erhoben werden. (zu 4.) Schließlich erwachse aufgrund der Gendiagnostik die Möglichkeit individueller Pharmakotherapie für Personen, die sich diese Diagnostik leisten können. Wo individuelle Voraussagen und damit persönliche Verantwortung im Gesundheitsverhalten möglich sind, könne auch der gesellschaftliche oder institutionelle Druck u.U. bis zu Sanktionen steigen (Pflicht zur Gesundheitserhaltung und Gesundheitsüberwachung seitens der Versicherten). Hier könnten Abwägungsmechanismen in Gang kommen zwischen dem individuellen Recht auf informationelle Selbstbestimmung und öffentlichen Interessen der Solidargemeinschaft und der Gesellschaft.

So begrüßenswert die gesetzliche Regelung von Voraussetzungen, Bedingungen, Durchführung und Konsequenzen der humangenetischen Diagnostik ist, so müssen doch prozedurale, ökonomische, gesellschaftliche Entwicklungen sorgfältig verfolgt werden, um Gefahren dieser neuen Untersuchungsmöglichkeiten zeitig zu erkennen und ihnen wirksam begegnen zu können.

Prof. (emer.) Dr. phil. Jan P. Beckmann, FernUniversität Hagen, wandte sich als Philosoph der ethischen Analyse und Reflexion humangenetischer Diagnostik zu. Es sei nicht Aufgabe der Philosophie, neuen wissenschaftlichen Verfahren Akzeptanz zu verschaffen, sondern die Frage der Akzeptabilität der mit derartigen Verfahren wie der humangenetischen Diagnostik verbundenen anthropologischen Voraussetzungen und ethischen Implikationen kritisch zu prüfen. Solche Reflexion habe *gleichzeitig* mit der wissenschaftlichen und technischen Entwicklung zu erfolgen, nicht erst im Nachgang i.S. nachträglicher Kritik und Rechtfertigung. Sie sei vielmehr auch zukunftsorientiert auf mögliche Auswirkungen solcher Handlungsoptionen auf das Selbstverständnis des Menschen als eines personalen Freiheits- und moralischen Verantwortungswesens ausgerichtet. Gefragt nach den Normen humangenetischer Diagnostik, die auch in deren juristische Regelungen eingehen müssen, sind es die Achtung der Unverfügbarkeit, der Autonomie und des Selbstbestimmungsrechts des Einzelnen (einschließlich seines Rechts auf Nicht-Wissen) im wertbestimmten sozio-kulturellen Raum, das Wohl des Patienten, der Schutz seiner Daten, der Schutz vor genetischer Diskriminierung in der Lebenswelt einschließlich des Arbeits- und Versicherungsbereichs. In gleicher Weise müssen Schutz und Achtung des ungeborenen Lebens, der Unmündigen und aufgrund welcher Situation auch immer entscheidungsunfähigen Mitmenschen beachtet werden. Wo das Selbstbestimmungsrecht nicht selbständig artikuliert werden kann, muss eine benannte oder beauftragte Person tutorisch für den zugrunde liegenden Anspruch Sorge tragen. Bezüglich genetischer Diagnostik ist dabei die strikte Bindung an gesundheitliche Zwecke zu berücksichtigen. Das erfordert Interpretations-, Indikations- und Handlungskompetenz und stellt daher humangenetische Diagnostik unter Arztvorbehalt (Arzt ist hier auch der klinisch und kommunikationskompetente Humangenetiker).

Ethische Analyse technologisch folgenreicher wissenschaftlicher Forschung, deren Ziel auch praktischer Nutzen ist, fragt (1.) nach deren Begründung und der möglichen Auswirkung auf die normativen Prämissen, (2.) nach der logischen Konsistenz der möglicherweise tangierten Normen und (3.) nach der Legitimität der Zielsetzungen, der Zulässigkeit der eingesetzten Mittel und der normativen und praktischen Tragbarkeit der voraussehbaren Folgen. Zu den Prämissen gehören das Menschenbild, das Personverständnis und seine prozesshafte und relationale Geltung für ein wertorientiertes mitmenschliches Zusammenleben in der Gesellschaft, in der der Einzelne die Grenzen seiner Autonomie (auch da, wo tutorisch für ihn beurteilt, entschieden und gehandelt wird) an den Grenzen der Autonomie des Anderen erfährt. Die Prüfung der Kohärenz muss (im Blick auf die humangenetische Diagnostik und den Lebens- und Gesundheitsschutz) im Auge behalten, wie sich die Rechte des ungeborenen Lebens (sei es des Prä-Implantationsembryos oder des im Mutterleib heranwachsenden Kindes) wie die des Geborenen vereinbaren lassen. So legitim die Ziele der genetischen Diagnostik (Präventionsverbesserung, Therapieopti-

mierung und Risikoreduktion) sein mögen, so bedürfen auch sie der kommunikativen individual- und sozialetischen Rechtfertigung. Schließlich müssen sich die Mittel und Wege – im gegebenen Kontext die in-vitro-Fertilisation mit deren Folgen – rechtfertigen lassen.

Die Achtung der Menschenwürde, deren Unverfügbarkeit und das autonomie-basierte Selbstbestimmungsrecht des Einzelnen stellen hohe Anforderungen an die Sensibilität bei der Erhebung und Verwendung genetischer Daten im Blick auf den für die humangenetische Diagnostik wie für die Konsequenzen aus den gewonnenen Daten (auch rechtlich) geforderten „informed consent“. Das gilt im Besonderen für genetische Untersuchungen am ungeborenen Leben in vitro oder in vivo = in utero, die im Interesse der Mutter, des Paares, aber auch im allenfalls prospektiv unterstellten Einverständnis mit dem untersuchten werdenden Mitmenschen vorgenommen werden. Es gilt auch für den anderweitig Einwilligungsunfähigen, vor allem im Falle fremdnütziger Datenerhebung und -verwendung, z. B. für die Ermittlung genetischer Disposition zu Krankheiten oder Medikamentenunverträglichkeiten, die für Angehörige des Untersuchten relevant sein könnten.

Im Arbeits- und Versicherungsbereich sei die Gefahr der Diskriminierung – i.S. der Zurücksetzung aufgrund bestimmter genetischer Dispositionen – oder der „Antiselektion“ durch Verschweigen von dem Versicherungsnehmer bekannten Daten zu beachten. Letzteres würde der Norm der Gerechtigkeit und dem Prinzip der Gleichheit zuwiderlaufen. Im Blick auf das solidarisch getragene Versicherungswesen ist eine Pflicht zur genetischen Untersuchung nicht zu rechtfertigen, wohl aber moralisch die Verpflichtung zur Angabe genetisch gesundheitsrelevanter Daten seitens des Versicherungsnehmers.

So segensreich eine genetisch gestützte individuelle Pharmakotherapie sein mag (Vermeidung unwirksamer oder genetisch-metabolisch disponierter unverträglicher Medikation), so kritisch ist doch die Gefahr einer ökonomischen oder finanziellen Kategorisierung der Personen mit gleicher genetischer Krankheitsdisposition aber unterschiedlicher Arzneiverträglichkeit zu bewerten; die nur reicheren Personen zugängliche Testung des Arzneimittel-Metabolismus könnte zu einer Zwei-Klassen-Medizin und damit zu einer Entsolidarisierung unseres Gesundheitswesens führen.

Die philosophischen Überlegungen Beckmanns haben den weiten Horizont der Problematik humangenetischer Diagnostik und die Tiefe möglicher Gefährdung unseres individuellen und sozialen Selbstverständnisses als Vernunft- und Verantwortungswesen mit individueller und sozialer Verantwortung in hohem Maße verdeutlicht.

Der evangelische Theologe **Prof. Dr. theol. Friedrich Lohmann**, Institut für Systematische Theologie und Ethik der Humboldt-Universität Berlin, zeichnete drei Phasen der Stellungnahme christlicher Kirchen je als „Wort zur Zeit“ zur

humangenetischen Diagnostik nach. (1) In den 1980er Jahren galt das Interesse überwiegend den Chancen und Risiken der Gentechnologie im Blick auf gentechnische Veränderungen (Synodalkundgebung der EKD von 1987 „Zur Achtung vor dem Leben“). Die auf die Zukunft der Menschheit projizierte Gentechnik mit Gentransfer und Manipulation menschlicher Keimbahnzellen sei analog zu den Gefahren der Atomtechnik gesehen worden. Die Kundgebung verweist auf die gefährdete Menschenwürde, auf das Recht des genetischen Nichtwissens, die Freiwilligkeit genetischer Diagnostik und den Schutz vor Missbrauch im Arbeits- und Versicherungsrecht. (2) Im „Gemeinsamen Wort der Deutschen Bischofskonferenz und der EKD“ von 1997 zur Frage „Wieviel Wissen tut uns gut? Chancen und Risiken der voraussagenden Medizin“ werden die pränatale Diagnostik (hier nicht differenziert in Präimplantations- und genetische oder morphologische Pränataldiagnostik) und die neuen Möglichkeiten der prädiktiven Medizin thematisiert. Gewarnt wurde vor dem Missverständnis einer genetischen Determination durch das vor der vollständigen Entschlüsselung stehende Humangenom. Im Blick auf „Chancen und Risiken der voraussagenden Medizin“ wurde eine ausführliche Beratung zur verantwortlichen Gewissensbildung gefordert, die der Vermittlung von ethischen Maßstäben und der Sensibilisierung für zumutbare und menschlich tragbare Entscheidungen gelte. In diesem Zusammenhang wies Lohmann darauf hin, dass auch in der Diskussion um das Gendiagnostikgesetz von 2009 die Frage nach dem Zusammenhang von Diagnostik und Beratung nicht klar sei. Das Gesetz unterscheide zwischen vorausgehender Aufklärung (§ 9) und nachfolgender Beratung (§ 10); eine genetische Beratung sei bei einer diagnostischen Untersuchung *anzubieten*, *obligatorisch* sei sie hingegen nur bei prädiktiver Untersuchung und bei pränatalen Tests (§ 10, Abs. 1 bzw. 2). Das sei „aus Sicht von Theologie und Kirche“ aber zu wenig. Schon einfache diagnostische Untersuchungen erforderten eine umfassende Aufklärung und Beratung, die über ein bloßes Informieren hinausgehen und zur Gewissensbildung beitragen.

(3) Habe 1997 der ausführlichste Beitrag der deutschen Kirchen den Fragen der Gendiagnostik und der prädiktiven Medizin gegolten, so zeige sich in der theologischen Ethik inzwischen ein abwägender Realismus im Blick auf die prädiktive Medizin. Lohmann zitierte hier beispielhaft die Neuauflage der „Medizinischen Ethik“ von Hartmut Kreß (2009), die auch auf die *positiven* Möglichkeiten der „neuen Handlungsoptionen [...] zugunsten einzelner Menschen sowie des Gemeinwohls“ verweist (dort S. 77).

Der ausdrücklichen Konzentration auf ethische Aspekte der humangenetischen Diagnostik und deren Ziele stellte Lohmann die Unterscheidung von „*finis operis*“ und „*finis operantis*“ (Ziel des Werks bzw. des Handelnden) voran. Die ethische Bewertung einer Handlung richtet sich entscheidend nach der Intention des Handelnden (*finis operantis*). Ein erstes Ziel sei der Wissensgewinn. Dieser sei der Impuls zur Entschlüsselung des Genoms gewesen. Erkenntnis um

der Erkenntnis willen sei auch weiterhin eine Zielbestimmung individueller genetischer Diagnostik. Das Gesetz unterscheide dementsprechend rein wissensorientierte „genetische Untersuchungen zur Klärung der Abstammung“ (GenDG Abschnitt 3) von Untersuchungen zu medizinischen Zwecken (GenDG Abschnitt 2). Wegen (derzeit) fehlender Behandlungsmöglichkeiten ziele (laut Lohmann) die genetische Analyse etwa der Chorea Huntington auf reinen Wissenserwerb im Blick auf die eigenen Lebenschancen. Aus christlicher Sicht sei gegen Wissenszuwachs prinzipiell nichts einzuwenden. *Genetisches* Wissen sei aber ein besonderes Wissen, das mit besonderen ethischen Fragestellungen verknüpft sei. Eine Drucksache des Bundestages (16/10532, S. 16) zitierend sah der Vortragende das Besondere genetischen Wissens in den persönlich-identitätsrelevanten Gesundheitsdaten mit hohem prädiktiven Potential; es liefere auch Informationen über Dritte (Verwandte). Dieses Wissen um die eigene genetische Bestimmtheit verbinde sich mit neuen Situationen und Verantwortlichkeiten für den getesteten Menschen wie für die Gesellschaft. Das ergebe sich aus der „Drittbetroffenheit“. Die neue Verantwortlichkeit erfordere *vor* dem Test Aufklärung und *danach* Beratung (GenDG §§ 9 – 10). Die gesellschaftliche Verantwortung liegt ethisch und rechtlich im Schutz vor Diskriminierung und Benachteiligung; die Menschenwürde und das Selbstbestimmungsrecht incl. das Recht auf Nichtwissen sind die konstitutiven Begründungsinstanzen. Das Wissen, um das es bei der Gendiagnostik geht, sei ein durchaus ambivalentes Wissen, das sich auch zum Unheil der getesteten Person auswirken könne.

(4) Therapeutisch, präventiv oder pharmakogenetisch motivierte Gendiagnostik müsse immer das Wohl der betroffenen Person im Auge haben. Einzige Ausnahme sei die vorgeburtliche Diagnostik, die bei einem auffälligen Befund in der Regel keine Therapie für den Fötus vorsehe sondern seine Abtreibung. Ein solcher Eingriff in das Lebensschutzrecht des Fötus kann allenfalls bei voraussichtlich schwerwiegenden Folgen für die werdende Mutter gerechtfertigt werden. Die Konstruktion der Begründung ausschließlich mit Blick auf die Schwangere wird von der katholischen Kirche gar nicht und von protestantischer Seite nur akzeptiert mit dem Hinweis auf die Konfliktlage der Schwangeren und mit dem verantwortungsethischen Argument, es sei unmöglich, einen Fötus gegen den Willen der Mutter zu schützen. Jedoch müsse das Lebensrecht auch eines behinderten Kindes geachtet werden; mit der pränatalen Diagnostik dürfe im Falle einer festgestellten Fehlbildung nicht automatisch die Entscheidung für einen Schwangerschaftsabbruch verbunden werden (Kundgebung der Synode der EKD „Zur Achtung vor dem Leben. Maßstäbe für Gentechnik und Fortpflanzungsmedizin“, Berlin 1987). Laut Lohmann sei in diesem Zusammenhang zu kritisieren, dass das GenDG in § 3 Nr. 1 b von einer 'vorgeburtlichen Risikoabklärung' spricht. Diese Redeweise unterschlage den Konflikt. Immerhin schränkt das Gesetz (§ 15) das Risiko auf tatsächliche Beeinträchtigungen der Gesundheit des Embryos oder Fötus ein; hingegen sind sich erst später

manifestierende Krankheiten als Begründung für den Schwangerschaftsabbruch ausgeschlossen.

(5) Neben Erkenntnis- und medizinischen Interessen nannte der Vortragende als dritten „finis operantis“ *kommerzielle* Interessen. Sie könnten einerseits auf der Seite von Anbietern liegen: Bei über das Internet angebotenen Tests besteht von vornherein keine Arzt-Patient-Situation sondern eine von Anbieter und Kunde. Hier ist mit allen Formen des Missbrauchs zu rechnen. Deshalb ist es zu begrüßen, dass das GenDG dem durch den Arztvorbehalt (§ 7) und die Verpflichtung zur Aufklärung und Beratung (§§ 9–10) vorzubeugen sucht. Auf der anderen Seite kann man von kommerziellen Interessen sprechen, wenn ein Arbeitgeber oder eine Lebensversicherung vor Abschluss eines Vertrags einen Gentest verlangen; hier wolle man sich doch offensichtlich vor finanziellen Verlusten bei Vorliegen einer Krankheit oder Disposition schützen; aus ethischer Sicht greife hier jedoch das gesetzliche Diskriminierungsverbot. Zusammenfassend betonte Lohmann die ethisch zu begründende Zielsetzung sowohl i.S. des finis operis als auch des finis operantis. Allein wissensorientierte Gentests seien im Einzelfall zu prüfen und müssten in jedem Fall von beratenden Maßnahmen begleitet sein. Die Rede von einer vorgeburtlichen Risikoabklärung schlechthin sei abzulehnen.

Der Hinweis auf die Ambivalenz des Wissens und seine kommerziellen und selektiven Missbrauchsmöglichkeiten, das Insistieren auf Beratung im Sinne einer Gewissensbildung, die starke Betonung des Lebensschutzes und des Diskriminierungsverbots seien aus theologischer Sicht unmittelbare Folgerungen aus dem christlichen Menschenbild, auf das sich implizit die Argumentation des Referenten gründete.

Rückblick und Ausblick:

Die Vorträge haben die Komplexität der thematischen Fragen deutlich gemacht: „Humangenetische Diagnostik – wozu? wohin?“ Von den molekulargenetischen Grundlagen und den vielfältigen Methoden der Diagnostik hin zu den sich schon jetzt öffnenden klinischen Perspektiven der Nutzung ihrer Möglichkeiten wurde der weite biologische und medizinische Horizont deutlich. Humangenetische Diagnostik hat für die vier (Haupt-) Adressaten – die potentielle oder aktuelle Schwangere, den gewünschten oder bereits wachsenden Embryo oder Fetus, das neugeborene Kind oder den Erwachsenen – ein mehrfaches Ziel:

- 1.) die Befunderhebung und -sicherung im Blick auf aktuelle Handlungsentscheidungen, für die die Kenntnis der genetischen Disposition (auch für den direkt Betroffenen) erforderlich ist;
- 2.) prospektiv im Blick auf die Manifestation, den Schweregrad einer genetisch disponierten Erkrankung. Hier ist die Unsicherheit prädiktiver Tests und prognostischer Aussagen zu beachten;

3.) der Blick auf das genetische Umfeld der untersuchten Person und deren Angehörigen im privaten Leben (u.a. Familienplanung!), im Arbeits- und Versicherungsbereich unseres Gesundheitssystems und der multikulturellen Gesellschaft.

Das Verständnis von Krankheit wird unter Berücksichtigung genetischer Disposition und der damit gegebenen mehr oder weniger hohen Wahrscheinlichkeit, manifest zu erkranken, eine Veränderung erfahren. Was ist unausweichlich genetisch determiniert? Muss eine Veranlagung bereits praktische, d.h. akut-therapeutische oder präventive Konsequenzen nach sich ziehen?

Über diese medizinischen Fragen hinaus stand das neue Gendiagnostikgesetz im Mittelpunkt des Symposiums. Verlangt doch eine so komplexe und sensible Problematik nach nationalen und internationalen Regelungen für den Umgang mit dem genetischen Material und entsprechenden Daten, die mindestens potentiell über den einzelnen Untersuchten hinaus auch über die Familie, über die Gegenwart aktueller Krankheit hinaus auf die Zukunft hin informieren. Die humangenetische Diagnostik tangiert auch den Arbeits- und Versicherungsbereich und nicht zuletzt den sozialen Raum gegenseitiger Achtung.

Damit ist das Feld der moralischen und ethischen und schließlich auch der theologischen Beurteilung des GenDG eröffnet. Wenn auch mit dem juristisch verbürgten Recht auf Wissen das auf Nichtwissen verbunden ist, so ist im Blick auf die ökonomische und kulturelle Solidargemeinschaft die moralische Verpflichtung zur Bekanntgabe gewusster Disposition zu beachten. Die durch die neuen diagnostischen Wissens- und Handlungsoptionen zu erwartende Verteuerung in der medizinischen Versorgung bringt die Gefahr der Entsolidarisierung und der Verletzung des Gleichheitsprinzips mit sich. Auf der Ebene des religiösen Selbstverständnisses des Menschen steht damit zugleich die mitmenschlich zu achtende Menschenwürde auf dem Spiel.

Wie mit den vorausgegangenen Bioethik-Symposien war es auch diesmal wieder das Anliegen, den interdisziplinären Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft zu so brisanten Themen wie der humangenetischen Diagnostik zu fördern.

Akademie-Vorlesung im Schloss

Wasser in Natur und Technik

Veranstaltungstage: 09.02., 17.02., 13.04., 21.04., 24.11. und 30.11.2010, jeweils 18.30 Uhr

Veranstalter: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft, Kulturinstitut der Stadt Braunschweig

Veranstaltungsort: Roter Saal, Schloss Braunschweig, Schlossplatz 1

Moderation: Prof. Dr. Dr. h.c. Joachim Klein, Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Unter dem Titel „Akademie-Vorlesung im Schloss“ laden seit Ende 2007 die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft und das Kulturinstitut der Stadt Braunschweig zu einer Vortragsreihe ein. Dabei ist es das Ziel, Themen der Wissenschaft im neuen kulturellen Zentrum Braunschweigs zu verankern.

Unter dem Leitbegriff „Wasser in Natur und Technik“ wurde die Vortragsreihe in diesem Jahr im „Roten Saal“ des Schlosses fortgesetzt.

Wasser ist einerseits eine Lebensnotwendigkeit für Mensch, Tier und Pflanzen, andererseits in unentbehrlicher Weise an vielen Prozessen der Technik beteiligt. Nicht zuletzt unter dem Gesichtspunkt eines ökologisch geprägten und nachhaltigen Umgangs mit der Ressource Wasser hat sich in den vergangenen Jahren viel getan.

So ergibt sich ein weites Spektrum von Fragen aus den Bereichen der Natur-, Technik- und Umweltwissenschaften, die eine entsprechende Problemanalyse und Problemlösung erfordern. Und mit der schon länger nicht mehr utopischen Frage nach dem „Wasser im Weltall“ wollen wir auch über den „Tellerrand“ unserer Erdkugel hinausblicken.

Prof. Dr. Rainer Krull, TU Braunschweig (09.02.2010)

„Wasser und Farben: Wasser als nachhaltige Ressource in der Farbenindustrie“

In unserer farbenreichen Welt können wir uns gar nicht mehr vorstellen, dass farbige Kleider lange Zeit ein Privileg der Aristokratie und des Klerus' waren – in kostbarem Rot leuchteten Königsmäntel und Kardinalsroben, die mit Hilfe aufwendig hergestellter Naturfarbstoffe gefärbt wurden. Zwischen 1860 und

1870 entstanden die wichtigsten deutschen Farbstoff-Fabriken. Dadurch wurden die Naturfarbstoffe von den sehr viel preiswerteren und in ihren Färbereigenschaften überlegenen Industriefarbstoffen verdrängt. Das schnelle Wachstum dieser Farbstoff produzierenden Industrie hielt bis zum Ersten Weltkrieg an und beruhte im wesentlichen darauf, dass ihre Produkte weltweit Absatz fanden. Mit der Farbstoffproduktion und dem damit einhergehenden Aufstieg der Textilveredlungs-Industrie stiegen auch die Farbstoffemissionen rasant an. Mitte der 1880er-Jahre war ein erster Höhepunkt industrieller Emissionen erreicht, der das Maß der bis dahin bekannten Belastung weit überstieg. Mit zeitlicher Verzögerung setzte ab 1900 die Einführung erster, einfacher Abwasserbehandlungstechniken ein, die sich im Laufe der Zeit nach und nach in ihrem Wirkungsgrad verbesserten. Erst in jüngster Vergangenheit nahmen aufgrund des gestiegenen Kostendrucks die Bestrebungen zu, Prozesswässer innerbetrieblich aufzureinigen und sie wieder im Produktionsprozess einzusetzen. Trotz dieser Entwicklungen war die Farbstoff- und Textilveredlungs-Industrie in den letzten 30 Jahren einschneidenden Veränderungen ausgesetzt. Die starke Marktkonkurrenz, die Verlagerung bzw. Abwanderung nach Asien aufgrund der großen Differenzen im Lohnniveau und weniger restriktiver Umweltauflagen sowie die schwache Konjunktur sind die wesentlichsten Gründe für die schwierige Wirtschaftslage dieser Branche.

Der Vortrag nimmt Stellung zum Gebiet der Abwassersituation der Farbstoff produzierenden und -verarbeitenden Industrie und beschäftigt sich mit den Möglichkeiten der Einführung innerbetrieblicher Prozesswasserbehandlungsverfahren, um die Ressource Wasser als recyclingfähigen Einsatzstoff wieder in den Produktionsprozess zurückzuführen. Es geht auch darum, aufzuzeigen, welches technisches *Know-how* angewendet werden muss, um vordergründig einfache Behandlungstechniken sicher und erfolgreich in einen mit vielen ökonomischen und ökologischen Problemen konfrontierten Markt einzuführen.

Prof. Dr. mult. Dr. h.c. Müfit Bahadır, TU Braunschweig (17.02.2010)

„Wasser – ein knappes Gut weltweit: Natur und Technik im Gleichgewicht?“

70% der Erdoberfläche ist von Wasser bedeckt, allerdings liegen nur 2,6% als Süßwasser vor, überwiegend festgelegt in Form von Polar- und Meeres-Eis sowie auf Gletschern. Für die Nutzung als Trink- und Brauchwasser, für Industrie und Gewerbe sowie zur Bewässerung in der Landwirtschaft bleibt ein nur geringer Anteil von 0,6% übrig.

Ein Großteil des verfügbaren Süßwassers – weltweit etwa zwei Drittel – wird in der Landwirtschaft verbraucht. Wie auf dem Weltklima Gipfel in Kopenhagen Dezember 2009 verschiedentlich dargestellt, geht die globale Erwärmung mit

einer weiteren Austrocknung von Böden, der Übernutzung von fossilen Grundwässern und der Ausdehnung von Wüsten einher. Die Entwicklungs- und Schwellenländer sind von der Wasserknappheit und der Wasserverschmutzung besonders betroffen. Aber auch in Europa sind kontaminierte Oberflächen- und Grundwässer keine Seltenheit, selbst in Mecklenburg-Vorpommern führt Trockenheit zu Dürreproblemen in der Landwirtschaft.

Nach Schätzungen internationaler Organisationen haben weltweit 1,2 Milliarden Menschen keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser, und mehr als 3 Milliarden Menschen keinerlei sanitäre Einrichtungen noch sind sie an Abwasserkläranlagen angeschlossen. Etwa 80% aller Krankheiten und 25 Mio. vorzeitiger Todesfälle pro Jahr sind nach Schätzungen der WHO auf unhygienische Verhältnisse und damit auf verunreinigtes Wasser zurückzuführen.

Gerade die Entwicklungs- und industriellen Schwellenländer mit ihrem rasanten wirtschaftlichen Wachstum sind auf effiziente und innovative – aber auch nachhaltige – Lösungen und Produkte im Wassersektor angewiesen. Jede Form einer nachhaltigen Wasserwirtschaft, die eine Wiederverwendung des Wassers ermöglicht, bringt Entlastung und schont die Süßwasser-Reserven. Technologien zur Aufbereitung und Mehrfachnutzung selbst industrieller Abwässer bergen sowohl für die Entwicklungs- als auch für Industrieländer große Potentiale.

Gemeinsam mit 25 Partnerhochschulen in Lateinamerika, Nahem Osten und Südostasien baut die TU Braunschweig ein Kompetenz Zentrum für Entwicklungszusammenarbeit und damit ein weltweites Netzwerk auf, um die Forschung auf dem Gebiet der Nachhaltigen Wasserwirtschaft zu koordinieren und Kapazitätsbildung durch universitäre Aus- und Fortbildung zu betreiben. Durch Beteiligung von Unternehmen der Wasserwirtschaft werden auch an die Bedürfnisse der Regionen angepasste technische Lösungen entwickelt und internationale Zusammenarbeit „auf Augenhöhe“ gefördert.

Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Rosenwinkel, Leibniz Universität Hannover
(13.04.2010)

„Gewässerschutz in Deutschland – Heutige und künftige Herausforderungen zum Schutz der Trinkwasserressourcen und der Nahrungskette“

Der Schutz der Gewässer hat in Deutschland einen hohen Stellenwert, er dient u. a. zur Erhaltung der Lebensqualität, dem Schutz der Trinkwasserressourcen und der Nahrungskette. Zu schützen sind die Gewässer vor diffusen und punktförmigen Stoffeinträgen und vor nachteiligen Veränderungen der Gewässermorphologie. Die Siedlungswasserwirtschaft hat sich bisher vorwiegend mit der Reduzierung der punktförmigen Stoffeinträge aus Kläranlagenabläufen und Regenentlastungen in die Gewässer beschäftigt. Der Anschlussgrad der Bevölke-

rung an zentrale öffentliche Kläranlagen beträgt heute über 95%, es werden jährlich ca. 10,5 Mrd. m³ Abwasser in 10.200 Kläranlagen mit einem Gesamtanschlussgrad von ca. 148 Mio. Einwohnergleichwerten behandelt. Die jährlichen Aufwendungen für Investitionen liegen für Netz und Anlagen bei ca. 6 Mrd. €. Erreicht wurde durch diese technischen Maßnahmen eine weitgehende Elimination der im Abwasser vorhandenen organischen Verbindungen und der Nährsalze, Stickstoff und Phosphor; die vom Bürger dafür aufzuwendenden Gebühren liegen im Durchschnitt bei ca. 116 € pro Einwohner und Jahr bzw. 2,24 €/m³. Betrachtet man die biologischen Gewässergütekarten zwischen dem Jahr 1995 und heute, so ist eine deutliche Verbesserung festzustellen: Während 1995 47,2% der ca. 30.000 Flusskilometer in Deutschland der Güteklasse II oder besser zuzuordnen waren, stieg dieser Anteil im Jahr 2000 bereits auf 65,1% (UBA). Trotz dieser Anstrengungen ergeben sich bei der Bewertung nach der EU-Rahmenrichtlinie zur Erzielung eines guten Zustandes für 2/3 der Oberflächengewässer noch erhebliche – häufig strukturelle – Defizite. Hinzu kommen Forderungen an den Rückhalt von prioritären Schadstoffen, Pharmaka, Röntgenkontrastmitteln, Körperpflegemitteln, endokrin wirksamen Substanzen, Viren und Krankheitskeimen. Dabei haben u.a. punktförmige Einträge aus Regenentlastungen eine erhebliche Bedeutung. Vor einer Behandlung von weiteren Stoffen End-of-pipe steht die Reduzierung der stofflichen Einträge aus Industrie, Haushalt und Krankenhäusern an der Quelle und der Ausbau von Kreisläufen in der Industrie. Verfahren zur Ergänzung vorhandener Kläranlagen zur Elimination der im Blickpunkt stehenden Stoffe, Viren- und Krankheitskeime stehen zur Verfügung, müssen jedoch aus Gründen der Effizienz in vielen Fällen für die spezielle Anwendung noch angepasst und erprobt werden. Die Wirkungen von Verfahrenserweiterungen für unsere Kläranlagen sind stoffspezifisch unterschiedlich; bei den Membranverfahren ist die Behandlung der Konzentrate und bei den oxidierenden Verfahren die Entstehung von Reaktionsprodukten zu beachten. Die Jahreskosten für die zusätzliche Erweiterung der Kläranlagen liegen je nach Verfahrenskombination, zu eliminierender Leitsubstanz und zu erzielendem Eliminationsgrad zwischen 0,03 und 0,35 €/m³ Abwasser. Bezogen auf den Frischwassermaßstab ergeben sich damit Zusatzkosten für die Abwasserreinigung von 0,05–0,5 €/m³. Unter Berücksichtigung der Bandbreite der Kosten wird deutlich, dass „maßgeschneiderte Konzepte“ zum Schutz unserer Gewässer für die Erhaltung der Trinkwasserressourcen erforderlich sind. Dazu müssen sowohl die diffusen als auch die punktförmigen Quellen in eine immissionsorientierte Betrachtung einbezogen und eine flussgebiets-bezogene Bewirtschaftung vorangetrieben werden. Für die stoffliche Betrachtung fehlen maßgebliche Grenzwerte aus Risikoanalysen, für die Verfahren müssen effiziente und Ressourcen schonende Technologien weiterentwickelt werden und die Bewertung und Auswahl der Maßnahmen muss unter Einbeziehung sozioökonomischer Faktoren erfolgen.

Insgesamt haben wir viel erreicht, es gibt aber auch noch viel zu tun; packen wir es an.

Prof. Dr. Tilman Spohn, Institut für Planetenforschung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Berlin (21.04.2010)

„Wasser und Leben im All“

Wasser, das Lebenselixier unseres Planeten Erde, kommt vielfältig in unserem Sonnensystem vor. Oftmals als Eis, was für Lebewesen nur schwer genutzt werden kann, obwohl das Leben erfinderisch ist und biologene Anti-freeze-Mittel bekannt sind. Darüber hinaus finden bzw. vermuten wir Wasser in seiner flüssigen Form in größeren Tiefen des Marsbodens, in eisbedeckten Ozeanen auf Monden im äußeren Sonnensystem und als Wassertröpfchen in planetaren Atmosphären. Ein Vorteil unseres Planeten und der sogenannten habitablen Zone – in der die Oberflächentemperatur des Planeten über dem Gefrierpunkt liegt – besteht darin, dass er nahe genug an der Sonne ist, um Sonnenenergie über Photosynthese nutzbar zu machen. Der Energieeintrag der Sonne ist so hoch, dass die davon lebende Biomasse die Umwelt des Planeten nachhaltig beeinflussen kann. Auch in anderen Sonnensystemen dürfen wir Wasser und habitable Zonen mit Planeten erwarten. Allerdings ist ein solcher Planet bisher noch nicht nachgewiesen worden. Die Suche nach Leben und lebensfreundlichen Gebieten konzentriert sich vorerst weitgehend auf Lebensformen, die wir von der Erde kennen. Es darf allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass es Lebensformen gibt, die andere Lösungsmittel als Wasser nutzen und andere chemische Baustoffe.

Prof. Dr. Andreas Dittrich, Leichtweiß-Institut für Wasserbau, TU Braunschweig (24.11.2010)

„Der Mensch und das Hochwasser“

Seit frühester Zeit setzt sich der Mensch in zweifacher Hinsicht mit dem Wasser auseinander. Einerseits benötigt er es zum Leben (Hauswirtschaft, Landwirtschaft), aber auf der anderen Seite muss er sich gegen Hochwasser schützen. So gehören Einrichtungen zur Nutzung des Wassers und Bauten zum Schutz gegen das Wasser zu den ältesten technologischen Errungenschaften des Menschen. Ausgedehnte Hochwasserschutzmaßnahmen und Bewässerungssysteme waren die Grundlagen der ersten geschichtlichen Hochkulturen in den Tälern des Nils sowie des Euphrat und Tigris.

In dem Vortrag werden zunächst wesentliche charakteristische Merkmale und Kennzahlen von Hochwasserereignissen vorgestellt. Hierbei wird zwischen Ereignissen im Ober-, Mittel- und Unterlauf der Flüsse unterschieden. Anschließend erfolgt ein kurzer geschichtlicher Rückblick zum Hochwasserschutz im Altertum bis in das 19. Jahrhundert. Schwerpunkt des Vortrages bildet das Vor-

stellen von Hochwasserschutzmaßnahmen anhand von Beispielen des 20. und 21. Jahrhunderts aus dem Alpenraum und Deutschland.

Am Ende des Vortrags wird der Konfliktstoff Hochwasserschutz und Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie angerissen. An einzelnen Stellen des Vortrags wird außerdem gezielt auf Forschungsarbeiten am Leichtweiß-Institut für Wasserbau (LWI) zur Unterstützung von Hochwasserkonzepten eingegangen.

Dipl.-Ing. Justus Teicke, Leiter der Abteilung Oberharzer Wasserregal, Leiter der Zentralen Betriebsabteilung Clausthal der Harzwasserwerke GmbH (30.11.2010)

*„Das Kulturdenkmal Oberharzer Wasserregal –
Der lange Weg zum Weltkulturerbe“*

Das Oberharzer Wasserregal ist ein System zum Sammeln und Speichern von Wasser für die Kraftwasserversorgung der Oberharzer Silberbergwerke. Heute werden noch 65 kleine Talsperren und 70 km höhenlinienparallele Hanggräben von den Harzwasserwerken betrieben. Die ersten Wasserbauanlagen wurden bereits im 13. Jahrhundert von den Mönchen des Klosters Walkenried errichtet; die meisten Bauwerke sind aber im 16., 17. und 18. Jahrhundert entstanden. Der Vortrag wird folgende Punkte behandeln:

- Kurzvorstellung Harzwasserwerke GmbH
- Der Oberharzer Bergbau und seine Bedeutung
- Das Oberharzer Wasserregal
- Konstruktion von Teichen, Gräben und Wasserläufen
- Betrieb, Instandhaltung und Sanierung
- Ökologische und touristische Aspekte
- Das Oberharzer Wasserregal im weltweiten Vergleich
- Ablauf des UNESCO-Verfahrens

Vortragsreihe im phäno

Biotechnologie: Potentiale, Befürchtungen, Hoffnungen

Veranstaltungstage: 14.01., 21.01., 28.01.2010, 18.30 Uhr – 19.30 Uhr

Veranstalter: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft,
Akademie der Wissenschaften zu Göttingen,
phäno und I.P.I. Wolfsburg

Veranstaltungsort: phäno, Wissenschaftstheater, Wolfsburg, Willy-Brandt-
Platz 1

Die Biotechnologie hat sich mit neuen Verfahren und Produkten in verschiedenen Anwendungsbereichen etabliert: Dies gilt für die Medizin, die Landwirtschaft, die Umwelttechnik und die Energieversorgung. Einen wesentlichen Beitrag zur Dynamik dieser Entwicklung leistet dabei die Gentechnik, und dieses insbesondere durch die heutigen Möglichkeiten zur Analyse des Genoms der Mikroben, der Pflanzen und des Menschen.

Im Rahmen einer Vortragsreihe zeigten die Akademie der Wissenschaften zu Göttingen und die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft in Kooperation mit den Wolfsburger Veranstaltern phäno und I.P.I., welche Wege die Forschung in der Biotechnologie beschreitet, um die Potentiale dieser Wissenschaft – auch unter Berücksichtigung der Risiken – zum Nutzen für Mensch und Umwelt auszuschöpfen.

Damit ergab sich auch eine Anknüpfung an die Sonderausstellung, die das phäno unter dem Titel „Bausteine des Lebens – Genetischen Phänomenen auf der Spur“ dem Wissenschaftsbereich der Biotechnologie widmete.

Dr. Léon Broers, Einbeck, Diplom-Agraringenieur mit Fachrichtung Pflanzenzüchtung, ist Mitglied des Vorstands der KWS SAAT AG – ein weltweit führendes Pflanzenzüchtungsunternehmen mit 2.500 Mitarbeitern in 70 Ländern. Im KWS-Vorstand ist Léon Broers verantwortlich für das Ressort Forschung und Züchtung (14.01.2010).

Hoffnungsträger Grüne Gentechnik

Ernährung und die Energieversorgung der Weltbevölkerung werden zunehmend zu einem Problem. Pflanzenzüchtung im allgemeinen und Grüne Gentechnik im

besonderen stellen Schlüsseltechnologien dar, die einen wichtigen Beitrag liefern und liefern können, diese Herausforderung zu meistern. Aber wie funktionieren diese Technologien? Was ist schon erreicht worden? Was soll erreicht werden? Und welche Innovationen kann man erwarten? Diese und andere Fragen wurden in einem Kontext beantwortet, der technologische und pflanzenzüchterische Fortschritte nur bedingt zulässt.

Prof. Dr. Thomas Eschenhagen, Hamburg, ist Facharzt für Pharmakologie und Toxikologie und Direktor des Instituts für Experimentelle und Klinische Pharmakologie und Toxikologie im Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf. Seit 2000 ist er Mitglied des Sachverständigenausschusses des Bundesinstituts für Arzneimittel und Medizinprodukte, seit 2003 Außerordentliches Mitglied der Arzneimittelkommission, seit 2004 Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen (21.01.2010).

Herzschlag in der Petrischale – Gewebezüchtung eröffnet neue Möglichkeiten

Aus einzelnen Zellen fast natürliches Gewebe von Organen zu kreieren, das ist das Wesen des Tissue Engineering. Die Arbeitsgruppe um Thomas Eschenhagen von der Universität Hamburg hat eines der wenigen ausgereiften Systeme für die Züchtung von Herzgewebe entwickelt. Der Trick: Eine so simple wie effektive Methode, um das Ausgangsmaterial – einzelne Herzmuskelzellen aus Ratten oder Mäusen – dreidimensional und gleichzeitig unter einer ständigen Spannung gedeihen zu lassen. Das gezüchtete Gewebe nähen die Forscher auf die Herzen von Empfängertieren nach einem Herzinfarkt auf und können eine verbesserte Herzleistung beobachten. Auf der anderen Seite haben sie ein System entwickelt, in dem man an den künstlichen Herzgeweben Arzneimittel testen kann. Im letzten Jahr ist es der Arbeitsgruppe gelungen, künstliches Herzgewebe aus menschlichen embryonalen Stammzellen zu gewinnen. Das eröffnet die faszinierende Perspektive, Arzneimittel an menschlichen Herzmuskelpräparaten zu testen.

Prof. Dr. Thomas Scheper, Hannover, Inhaber von 16 Patenten, lehrt und forscht über Bioprozesstechnik und Biosensorik an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover und leitet dort das Institut für Technische Chemie. Er ist berufenes Mitglied der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, Vorstandsmitglied der Fachrichtung Biotechnologie in der DECHEMA und Kuratoriumsmitglied des Karl-Winnacker-Instituts (28.01.2010).

Pflanzen auf dem Teller oder im Tank? – Potentiale der Biotreibstoffe

Große Hoffnungen werden in die Möglichkeiten gesetzt, Biotreibstoffe aus Pflanzen zu gewinnen. Damit eröffnen sich Möglichkeiten, das Sonnenlicht über das

Pflanzenwachstum letztendlich für Mobilität und Energiegewinnungszwecke zu verwenden. Diese Energiegewinnung scheint CO₂-neutral und so klimaneutral zu sein. Im Vortrag wurden die Potenziale der Biotreibstoffgewinnung aus Pflanzen näher beleuchtet, die Energieeffizienz diskutiert und auch die Frage Teller oder Tank? angesprochen.

Vortragsreihe im phæno

Element Wasser

Veranstaltungstage: 15., 22. und 29.04. und 06.05.2010, 18.30 Uhr – 19.30 Uhr

Veranstalter: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft,
Akademie der Wissenschaften zu Göttingen,
phæno und I.P.I. Wolfsburg

Veranstaltungsort: phæno, Wissenschaftstheater, Wolfsburg, Willy-Brandt-
Platz 1

Vom Wasser – Neue Blicke auf ein altes Element

Wasser ist einerseits eine Lebensnotwendigkeit für Mensch, Tier und Pflanzen, andererseits ist Wasser in unentbehrlicher Weise an vielen Prozessen der Technik beteiligt. So ergibt sich ein weites Spektrum von Fragen aus den Bereichen der Natur-, Technik- und Umweltwissenschaften, die eine entsprechende Problemanalyse und Problemlösung erfordern. Und mit der schon länger nicht mehr utopischen Frage nach dem „Wasser im Weltall“ wollen wir auch über den „Tellerrand“ unserer Erdkugel hinaus blicken.

Mit dieser Vortragsreihe führen die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft und die Akademie der Wissenschaften zu Göttingen in Kooperation mit den Wolfsburger Veranstaltern phæno und I.P.I. in ein Thema ein, das in Form der Ausstellung „Element Wasser“ zu sehen sein wird.

Prof. Dr. Gerhard Wörner, Göttingen, ist seit 1993 Professor für Geochemie am Geowissenschaftlichen Zentrum der Universität Göttingen. Er erforscht die Ursachen des Vulkanismus und die Entstehung agmatischer Gesteine. Sein Vortrag erläutert die Rolle des Wassers in der Geologie als Grundlage für die Entwicklung von Lebensräumen und Intelligenz auf unserem Planeten (15.04.2010).

Intelligenz und Wasser

Die Voraussetzungen für die Entwicklung von höherem Leben sind vielfältig. Das Wasser spielt dabei eine besondere Rolle, die weit über die Grundannahme hinausgeht, Leben sei ohne Wasser nicht möglich. Höheres, intelligentes Leben kann sich nur auf einem Planeten entwickeln, dessen Temperatur über sehr lange Zeit stabil zwischen dem Gefrier- und Siedepunkt reguliert wird. Unsere Nachbarplaneten Mars und Venus sind ohne Ozeane, sie haben keine Kontinente

und es gibt auch keine Plattenverschiebung, denn diese sind ohne Wasser nicht möglich. Kontinente und Plattenverschiebungen spielen aber bei der Temperaturregulierung eine entscheidende Rolle. Die ganze innere Dynamik bis hin zum Erdkern unseres Planeten wird durch unsere Ozeane beeinflusst.

Prof. Dr. Dr. Dr. h.c. Ali Müfit Bahadır, Braunschweig, gründete und leitet seit 1989 das Institut für Ökologische Chemie und Abfallanalytik der TU Braunschweig, ist seit 2002 Mitglied der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft und erhielt 2006 die UNESCO Auszeichnung „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“. Eines seiner Arbeitsgebiete ist Nachhaltiges Wassermanagement in Entwicklungszusammenarbeit (22.04.2010).

Wasser – ein knappes Gut weltweit: Natur und Technik im Gleichgewicht?

Zwar sind 70% der Erdoberfläche von Wasser bedeckt, für die Nutzung als Trink- und Brauchwasser, für Industrie und Gewerbe sowie zur Bewässerung in der Landwirtschaft steht davon jedoch nur ein kleiner Teil zur Verfügung. Gerade die Entwicklungs- und industriellen Schwellenländer mit ihrem rasanten wirtschaftlichen Wachstum sind auf effiziente und innovative – aber auch nachhaltige – Lösungen und Produkte im Wassersektor angewiesen. Jede Form einer nachhaltigen Wasserwirtschaft, die eine Wiederverwendung des Wassers ermöglicht, bringt Entlastung und schont die Süßwasser-Reserven. Technologien zur Aufbereitung und Mehrfachnutzung selbst industrieller Abwässer bergen sowohl für die Entwicklungs- als auch für Industrieländer große Potentiale.

Prof. Dr. Jens Eggers, Bristol, UK, studierte Physik und ist heute Professor für angewandte Mathematik an der Universität von Bristol. Er beschäftigt sich schon seit vielen Jahren mit der Physik der Tropfenbildung und ihren Anwendungen. Einen Einblick in seine Forschungen vermittelt die Internetseite <http://www.maths.bris.ac.uk/majge/> (29.04.2010).

Tropfende Wasserhähne, Tintenstrahldrucker und Nanostrahlen

Wassertropfen begegnen uns überall, aber wer weiß eigentlich, wie ein Tropfen aussieht und sich bildet? Glaubt man den meisten Darstellungen, fast niemand! In diesem Vortrag werden die überraschend vielfältigen Formen, die bei der Tropfenbildung entstehen, beschrieben und die Bewegung des Abreißens bis in die Nanowelt einzelner Moleküle verfolgt. Die zugrunde liegenden mathematischen Gleichungen erzwingen, dass der Abreißvorgang in immer gleicher Form erfolgt. Das Verständnis der Struktur dieser Singularitäten ist für die Modellierung industrieller Prozesse wie Bedrucken und Beschichten von entscheidender Bedeutung.

Prof. Dr. Rainer Krull, Braunschweig, ist er seit 1995 stellvertretender Leiter und Akademischer Rat/Direktor am Institut für Bioverfahrenstechnik der TU Braunschweig, habilitierte im Jahre 2002 in Chemischer und Biologischer Reaktionstechnik und wurde 2005 zum außerplanmäßigen Professor ernannt. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Verfahrenstechnik biologischer und chemischer Prozesse, die Kultivierung filamentöser Mikroorganismen sowie die Mikrobioreaktortechnik (06.05.2010).

Wasser und Farben:

Wasser als nachhaltige Ressource in der Farbenindustrie

Der Vortrag nimmt Stellung zum Gebiet der Abwassersituation der Farbstoff produzierenden und -verarbeitenden Industrie und beschäftigt sich mit den Möglichkeiten der Einführung innerbetrieblicher Prozesswasserbehandlungsverfahren, um die Ressource Wasser als recyclingfähigen Einsatzstoff wieder in den Produktionsprozess zurückzuführen. Es geht auch darum, aufzuzeigen, welches technische Know-how angewendet werden muss, um vordergründig einfache Behandlungstechniken sicher und erfolgreich in einen mit vielen ökonomischen und ökologischen Problemen konfrontierten Markt einzuführen.

Workshop am 27. und 28.08.2010

Wilhelm Raabe und die technisch-wissenschaftliche Moderne in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts

Veranstaltungsort: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
Institut für Braunschweigische Regionalgeschichte

Veranstalter: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
Institut für Braunschweigische Regionalgeschichte
TU Braunschweig, Seminar für Philosophie und
Institut für Germanistik, Abtlg. Deutsche Literatur

Vor 100 Jahren, am 15. November 1910, verstarb der braunschweigische Schriftsteller Wilhelm Raabe. Im Gedenken an den Dichter des poetischen Realismus veranstalteten die Institutionen Workshops zur Modernität seines Oeuvres.

Nach dem Eröffnungsvortrag wurden einzelne Erzählungen unter spezifischen Leitthemen der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts näher betrachtet und bearbeitet.

27.08.2010: Eröffnungsvortrag, 19.00 h

Prof. Dr. Matthias Steinbach, TU Braunschweig

*„Es steht ein schwarzes Gespenst im Moor“
Industrialisierung und Industrialisierungskritik im 19. Jahrhundert*

28.08.2010: Workshops, ab 9.30 h

Workshop 1 *„Kontingenz“*

Leitung: **Prof. Dr. Renate Stauf, TU Braunschweig**

Der Workshop ging anhand der eindrucksvollen Erzählung „Frau Salome“ von 1875 der spannenden Beobachtung nach, dass sich unter der oftmals etwas bieder und behaglich anmutenden Oberfläche in Raabes Erzählkosmos eine zutiefst beunruhigende Erfahrung verbirgt – die Erfahrung nämlich, dass sich das moderne Individuum mit seinen bürgerlichen Wertvorstellungen an keine Wirklichkeit und keine Vernünftigkeit mehr halten kann. Bedenklich ins Wanken geraten sind bei Raabe nicht nur die normativen Verfestigungen der gesellschaftlichen Wirklichkeit, sondern auch die Wahrnehmungen des Selbst und des Anderen und die scheinbar unhintergehbaren Kategorien von Raum und Zeit.

Wilhelm Raabe, Frau Salome, in: *Sämtliche Werke* (Braunschweiger Ausgabe) Band 12. Göttingen 1969, S. 7–100.

Workshop 2 „*Existenz*“

Leitung: **Prof. Dr. Dr. Claus Artur Scheier, TU Braunschweig**

Raabe wird heute gern missverstanden. Er unterläuft das eingewurzelte literarische Missverständnis, ein Erzähler des 19. Jahrhunderts habe entweder umfassende Gesellschaftstableaus zu entwerfen oder wenigstens durch Abenteuer in Spannung zu halten. Raabes sogenannte Käuze und Außenseiter hingegen sind Repräsentanten existenzieller Grenzsituationen, ihre unspektakulären Schicksale locken den Leser in Orte nicht nur am Rand der Gesellschaft, sondern dorthin, wo sie den Einzelnen in der Tat sich selbst überlässt. Wie später im Existenzialismus sind es Orte der unvorgreiflichen Entscheidung. Die These wurde an einer weniger bekannten Erzählung von 1889 diskutiert: „Der Lar“.

Wilhelm Raabe, *Der Lar*, in: *Sämtliche Werke* (Braunschweiger Ausgabe) Band 17. Göttingen 1969, S. 221–395.

Workshop 3 „*Wissenschaft*“ (*Biologie/Evolution*)

Leitung: **Dr. Nicole Kipp, TU Braunschweig**

Hinter dem dramatischen Titel „Zum wilden Mann“ verbirgt sich eine Apotheke dieses Namens – Schauplatz der gleichnamigen Novelle Wilhelm Raabes. Der biedere Apotheker Philipp Kristeller und der weitgereiste Abenteurer Agostin Agonista alias August Mördling sind die Hauptpersonen. Neben der Schilderung des Aufeinandertreffens der Alten (Kristeller) mit der Neuen Welt (Mördling) gibt Raabe Einblicke in die damalige Wahrnehmung von Natur(wissenschaft). Laien und Experten betrieben als Sammler und Forscher nebeneinander die Bewahrung des Alten und hatten sich mit den Herausforderungen eines neuen Bildes von Natur auseinanderzusetzen. Der Workshop gab Einblicke in die wissenschaftshistorischen Hintergründe der Novelle.

Wilhelm Raabe, *Zum wilden Mann*, in: *Sämtliche Werke* (Braunschweiger Ausgabe) Band 11. Göttingen 1969, S. 159–256.

Workshop 4 „*Industrialisierung*“

Leitung: **Prof. Dr. Rainer Krull, TU Braunschweig**

Eine Zuckerfabrik leitet ihre Abwässer in den Mühlbach, verunreinigt den Wasserlauf, erfüllt die Gegend mit Gestank und bringt so Gewerbe und Menschen zu Tode. Wilhelm Raabes „Pfisters Mühle“ (1884) thematisiert eindrucksvoll die

Geschichte der Umweltverschmutzung durch die zunehmende Industrialisierung. Nachdem bis zur Reichsgründung 1871 die meisten Industriebranchen, u.a. die chemische Farben-, Textil- und Eisenhüttenindustrie sowie die Zuckerindustrie, ihre Produktionsmethoden radikal modernisiert hatten, wurde in den frühen 1880er-Jahren ein erster Höhepunkt industrieller Emissionen erreicht, der das Maß der bis dahin bekannten Belastungen weit überstieg. So nahm beispielsweise während der Braunschweiger Zuckerkampagne im Jahre 1884/85 die Wasserverschmutzung durch Produktionssteigerungen so stark zu, dass die Trinkwasserversorgung der Stadt zusammenbrach. Seit 1880 erprobte man in England zwar die chemische und biologische Behandlung von Abwässern, jedoch wurde eine breite öffentliche Diskussion zur industriellen Gewässerverschmutzung bis in die 1890er-Jahre offenbar nicht geführt. Die Einführung abwassertechnischer Anlagen spielte in Deutschland erst ab 1900 eine Rolle. Für die industriellen Interessenverbände handelte es sich bei der Einführung von Abwasserreinigungsmaßnahmen um „*Vergeudung von Nationalkapital*“ (Duisberg), aber auch für die Kommunen gehörten derartige Maßnahmen zu den „*allerruinösesten Einrichtungen*“, die lediglich einer „*eingebildeten Gefahr*“ vorbeugen konnten. Raabe zeigte in „Pfisters Mühle“ die Anfänge von Umweltzerstörung durch anthropogene Einflussnahme auf. Die Natur verlor ihre Natürlichkeit. Interessenverbände, Hygieniker, Ingenieure und Behörden stritten an der Front von Grenzwerten und Toxizitäten darum, wie sehr man Gewässer verschmutzen dürfe. Daher erzählt dieses Sommerferienheft nicht nur die Geschichte der industriellen Umweltverschmutzung und seiner Auswirkungen, sondern auch die Geschichte des Netzwerkes der Gesellschaft, das seinen Gegenstand nicht beschreibt, sondern gestaltet: Wissenschaft, Wirtschaft und Politik machten die Natur zum Spielball ihrer Bedürfnisse.

Wilhelm Raabe, Pfisters Mühle – Ein Sommerferienheft, in: *Sämtliche Werke* (Braunschweiger Ausgabe) Bd. 16. Göttingen 1970, S. 7–178.

Workshop 5 „*Kapital*“

Leitung: **Dr. Angela Klein, Braunschweigisches Landesmuseum**

Wilhelm Raabe hat sich in vielen seiner Werke mit den sozialen Fragen in der Geschichte beschäftigt. Aus dem Blick in die Vergangenheit hat er dabei mahnende Rückschlüsse in seine Gegenwart und deren Verhältnisse gezogen. In radikalen Großstadtbildern hat er die Nachtseiten des Alltagslebens der „kleinen Leute“, der Benachteiligten der Gesellschaft und Unterprivilegierten dargestellt und dabei die Armut vieler Menschen in einer sich wandelnden Zeit der Industrialisierung thematisiert. Dieser Kampf und Widerspruch des Lebens zwischen sozialem Elend und bürgerlichem Wohlstand spiegelt sich auch „Im alten Eisen“ wider und lässt sich mit weiteren Beispielen aus Werken und Briefen Raabes eindrucksvoll ergänzen.

Wilhelm Raabe, Im alten Eisen, in: Sämtliche Werke (Braunschweiger Ausgabe) Bd. 16. Göttingen 1970, S. 339–514.

Workshop 6 „*Beschleunigung*“
Leitung: **Prof. Dr. h.c. Gerd Biegel,**
Institut für Braunschweigische Regionalgeschichte

Das Thema „Zeit“ ist ein wichtiges Stilmittel in zahlreichen Werken von Raabe, die im eigentlichen Geschehen auf wenige Stunden oder Tage angelegt sind, jedoch mit Einschüben unterschiedlich lange Zeitebenen erfassen. Aber auch die äußeren Zeitverhältnisse im Leben Raabes, so etwa die „neue Mobilität“, Reisen und Industrialisierung spielen eine große Rolle. Diese Problematik wurde am 13. Kapitel des Romans „Abu Telfan“ (1867) sowie der Erzählung „Gutmanns Reisen“ untersucht. Dabei wurden besonders auch biographische Aspekte berücksichtigt.

Wilhelm Raabe, Abu Telfan, in: Sämtliche Werke (Braunschweiger Ausgabe) Bd. 7. Göttingen 1969, S. 128–140.

Wilhelm Raabe, Gutmanns Reisen, in: Sämtliche Werke (Braunschweiger Ausgabe) Bd. 18. Göttingen 1969, S. 211–415.

Öffentliche Ringvorlesung WS 2010/2011

Vom Nutzen des Nutzlosen Vom Spiel zum Produkt

Veranstalter: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft,
Akademie der Wissenschaften zu Göttingen,
Georg-August-Universität Göttingen

Veranstaltungsort: Aula der Georg-August-Universität Göttingen,
Wilhelmsplatz 1,

Veranstaltungstag: Dienstags, 18.15 h

Verantwortliche: Prof. Dr. Dr. h.c. Joachim Klein, Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
Prof. Dr. Norbert Elsner, Akademie der Wissenschaften zu Göttingen
Prof. Dr. Jens Frahm, Akademie der Wissenschaften zu Göttingen

mit Unterstützung des Universitätsbundes Göttingen e.V.

Die Politik besitzt ein oft ambivalentes Verhältnis zur Wissenschaft. Einerseits benennt sie mit der Bildung den für unser Land wichtigsten Rohstoff, andererseits sind die öffentlichen Mittel für Bildung und Forschung begrenzt, und dies führt in der Regel dazu, dass notgedrungen nur kurzfristig aktuelle Themen mit vermeintlich hohem Innovationsgrad gefördert werden. Aber wie entstehen eigentlich Innovationen? Was braucht es, damit aus einer ersten Idee ein völlig neues Produkt wird? Kann man technische Neuerungen zielgerichtet planen und nach einem festgelegten Zeitplan verwirklichen? Mit solchen Fragen rund um das Thema Innovation befassten sich die Vorträge der öffentlichen Ringvorlesung im Wintersemester 2010/2011, zu der die Georg-August-Universität und die Akademie der Wissenschaften zu Göttingen erstmals gemeinsam mit der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft in die Aula am Wilhelmsplatz eingeladen hatten.

Unter dem bewusst provokanten Titel „Vom Nutzen des Nutzlosen – Vom Spiel zum Produkt“ sollte diese Vortragsreihe das Verständnis von der Entstehung und Entwicklung naturwissenschaftlich-technischer Innovationen fördern. Die Vorlesungen waren als ein Plädoyer für eine breite, primär nicht nutzorientierte Grundlagenforschung gedacht, da sich Innovationen kaum wie ein Produkt planen lassen. Sie entstehen oft überraschend und vielfach an den Grenzflächen

unterschiedlicher Wissenschaftsgebiete, deren Verbindung nicht unmittelbar auf der Hand liegt. Deshalb bezogen sich die einzelnen Beiträge nicht nur auf aktuelle Forschungsarbeiten, sondern die historischen Entwicklungslinien von anfangs völlig zweckfreien – man könnte auch sagen: spielerischen – Erkenntnisgewinnen hin zu möglichen oder bereits verwirklichten technischen Neuerungen und Produkten wurden dargestellt. Es ging darum, die Unvorhersagbarkeit dieser Abläufe und die Schwierigkeit ihrer Planbarkeit darzulegen, um die eher langfristig und wenig zielorientiert angelegte Verzahnung von grundlegender Naturwissenschaft und anwendungsorientierter Technik als die eigentliche Quelle von Fortschritt und Innovation aufzuzeigen.

19.10.2010 **Prof. Dr. Norbert Elsner**, Universität und Akademie der Wissenschaften, Göttingen

Das Zufällige und das Gerichtete in der Evolution

26.10.2010 **Prof. Dr. Bettina Wahrig**, TU Braunschweig und BWG

Man muss etwas Neues machen, um etwas Neues zu sehen? Veränderung und Innovation aus der Sicht der Wissenschaftsgeschichte

02.11.2010 **Dr. Rupert Ursin**, Universität Wien

Von Einsteins Spuk zum Quantencomputer

09.11.2010 **Prof. Dr. Heinz-Otto Peitgen**, Fraunhofer MEVIS-Institut, Bremen

Innovationen in der Brustkrebsdiagnostik: Von der Grundlagenforschung zum Produkt

16.11.2010 **Prof. Dr. Ekkehard Winterfeldt**, Leibniz Universität Hannover und BWG

Neugier – Überraschung – Nutzen (?) – Entdeckungsreisen zu Naturstoffen

23.11.2010 **Dr. Bernhard Graimann**, Otto Bock Healthcare, Duderstadt

Von der Mechanoprothetik zur Neuroprothetik

30.11.2010 **Prof. Dr. Heinz Saedler**, Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung, Köln

Vom DNA-Molekül zur gestylten Pflanze

- 07.12.2010 **Dr. Andreas J. Büchting**, KWS Einbeck
Wege und Irrwege eines forschungsintensiven Unternehmens
- 14.12.2010 **Prof. Dr. Axel Haverich**, Leibniz Universität Hannover
Regenerative Medizin: Verunglückte Forschung – geglückte Operation – glücklicher Patient
- 21.12.2010 **Prof. Dr. Anita Schöbel**, Universität Göttingen
Mathematik am Zug: Vom Nutzen der Graphentheorie in der Verkehrsplanung

Vortragsreihe im phæno

Element Spiegel

Veranstaltungstage: 02. und 09.12.2010, 18.30 Uhr – 19.30 Uhr

Veranstalter: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft,
Akademie der Wissenschaften zu Göttingen,
phæno und I.P.I. Wolfsburg

Veranstaltungsort: phæno, Wissenschaftstheater, Wolfsburg, Willy-Brandt-
Platz 1

Der Spiegel – real und virtuell

Spiegel gehören zu den vertrauten Gegenständen des Alltags, und doch sind sie – wenn man genau hinsieht – keinesfalls anspruchslos, zuweilen sogar „fragwürdig“. Mit einer Vielzahl neuer Objekte und Exponate widmete sich das phæno ab Oktober 2010 dem Thema im Ausstellungsbereich „Spiegelbilder – verdreht, verkehrt, verzerrt!?“.

In einer begleitenden Vortragsreihe nahmen die Akademie der Wissenschaften zu Göttingen und die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft diese Thematik auf und schauten auf das Objekt sowie den Begriff „Spiegel“ aus dem Blickwinkel der Natur-, Ingenieur- und Geisteswissenschaften.

Prof. Dr. Sergiusz Michalski, Tübingen, lehrt am Kunsthistorischen Institut der Eberhard-Karls-Universität Tübingen. Zu seinen wichtigsten Büchern gehören *Neue Sachlichkeit* (1992), *The Reformation and the Visual Arts* (1993), *Public Monuments* (1998), *L'art de l'Europe Centrale* (2008). Er ist Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, der Königlich Schwedischen Akademie für Literatur, Geschichte und Kunst und der Polnischen Akademie der Wissenschaften und Künste (02.12.2010).

Spiegel und Spiegelungen: Degas und Ingres

Der Gebrauch von Spiegeln gehörte in der Neuzeit zu den beliebten Arbeitsprozeduren der Maler, vor allem bei Selbstbildnissen. Doch erst im Klassizismus schuf der französische Maler Ingres gemalte Widerspiegelungen, die eine wichtige Rolle in der Komposition der Bildnisse spielen sollten. Seine Spiegelungen inspirierten wiederum den Impressionisten Degas. Dieser faszinierende

künstlerische Rezeptions- und Formentwicklungsprozess wurde im Vortrag in gebotener Kürze rekonstruiert.

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Müller, Hannover, ist seit 2001 Professor für Physikalische Geodäsie an der Leibniz Universität Hannover und seit 2008 Mitglied der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft. Einer seiner Forschungsschwerpunkte – auch im Rahmen des Exzellenzclusters QUEST – liegt in der Nutzung von Satellitenverfahren zur Erfassung von globalen Änderungen der Erdsysteme (Erdrotationsschwankungen, Schwerefeldvariationen) sowie zum Test der Einsteinschen Relativitätstheorie (09.12.2010).

Spiegel vermessen die Welt

Spiegel spielen in der Geodäsie eine wichtige Rolle. Schon Gauß hat sie in seinen Heliotropen verwendet, um mit Hilfe von Sonnenlicht weit entfernte Punkte identifizieren und anmessen zu können. Heute sind Spiegel (passive Retro-Reflektoren) auch auf Satelliten und selbst auf dem Mond installiert. Nach einem kurzen historischen Abriss wurden das Messprinzip und die Analyse der Laserabstandsmessungen zu künstlichen Erdsatelliten und zum Mond erläutert und ein Überblick über die daraus resultierenden geodätischen, geodynamischen und physikalischen Ergebnisse gegeben. Aus der Analyse der Abstandsmessungen zu Satelliten und zum Mond, die mit Sub-Zentimetergenauigkeit erfolgen, lassen sich beispielsweise Erdrotationsschwankungen erfassen, Deformationen der Erdoberfläche ableiten, das Erdschwerfeld bestimmen oder auch Vorhersagen der Einsteinschen Theorie testen. Exemplarisch wurden einige beeindruckende Resultate präsentiert.

Verleihung Braunschweiger Bürgerpreis für herausragende studentische Leistungen am 06.12.2010

Veranstalter: Stiftung Braunschweiger Bürgerpreis für herausragende studentische Leistungen
Braunschweigisches Landesmuseum
Technische Universität Braunschweig
Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
Ort: Braunschweigisches Landesmuseum

Programm

Begrüßung:

Dr. Heike Pöppelmann, Direktorin des Braunschweigischen Landesmuseums

Preisverleihung und Vorstellung der Preisträger:

Thomas Heinisch, Vorstandsvorsitzender der Stiftung Braunschweiger Bürgerpreis
Prof. Dr. Thomas Spengler, Vizepräsident der TU Braunschweig

Gratulation:

Prof. Dr. Dr. h.c. Joachim Klein, Präsident der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

Festvortrag:

Prof. Dr. Julia Fischer, Deutsches Primatenzentrum, Universität Göttingen: „Die Entwicklung der Intelligenz beim Affen.“

Plenarversammlungen

Russlands „Tandemokratie“ unter Putin und Medvedev: Co-Habitation oder Provisorium?*

OTTO LUCHTERHANDT

Im Wendischen Dorfe 28, D-21335 Lüneburg

Russlands Regierungssystem wird seit 2008 von einer „Tandemokratie“ aus Ministerpräsident Putin und Staatspräsident Medvedev geprägt, um die sich – nicht nur im Westen – viele Spekulationen ranken. Sie ist ein Provisorium und eine Notlösung. Geboren wurde sie, weil Putin zwar der Versuchung widerstand, 2007 durch Verfassungsänderung eine dritte Amtszeit anzuschließen, aber wesentliche Schalthebel der Macht in den Händen behalten wollte. Die „Tandemokratie“ ist daher ein Transitorium bis zu den Präsidentschaftswahlen im März 2012. Medvedev ist bis dahin im Amt des Präsidenten Platzhalter Putins. Ihr Verhältnis ist eine cohabitation à la russe, die durch die unbedingte Loyalität Medvedevs gegenüber Putin als „nationalem Führer“ Russlands gekennzeichnet ist. 2012 wird die Tandemokratie jedoch nicht mehr gebraucht, denn sie hat dann ihre strategische Funktion zur Sicherung des „Systems Putin“ erfüllt.

* Kurzfassung des am 16.1.2010 gehaltenen Vortrages anlässlich des Neujahrsempfanges der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft. Eine ausführliche Fassung erscheint in den Abhandlungen der BWG 2010, Band 63.

Schlußwort zur Neujahrssitzung der BWG am 16. Januar 2010

CLAUS-ARTUR SCHEIER

Quo usque tandem möchten wir nun vielleicht unserm russischen Nachbarn zurufen, meine sehr verehrten Damen und Herren, aber nicht dem Redner des heutigen Vormittags. Denn was Cicero am 7. November 63 v. Chr. dem intriganten Catilina vorhalten konnte, nämlich die Geduld des Senats zu strapazieren, *abuti patientia nostra*, das hat uns Otto Luchterhandt ins Gegenteil verkehrt durch seine souveräne Analyse der gegenwärtigen „Tandemokratie“ unter Putin und Medvedev.¹ Wir danken ihm herzlich für ein sehr viel genaueres Verständnis politischer Verhältnisse, deren wo nicht Fremdheit, so doch Befremdlichkeit unser Urteil über das andre Extrem der europäischen West-Ost-Achse seit eh und je zu beirren neigt: ein Urteil, das wir nach allem nicht achselzuckend den Berufspolitikern allein überlassen dürfen, dafür sind wir inzwischen zu bewußte Europäer.

Als die Rede aufs Schicksalsdrama kam, das seinerzeit *en vogue* war, bemerkte Napoleon im Oktober 1808 zu Goethe: „Was will man jetzt mit dem Schicksal, die Politik ist das Schicksal.“ Wenig später schon schien nicht mehr die Politik, sondern die Ökonomie das Schicksal zu sein, aber in jüngster Zeit ist uns wieder einmal vor Augen geführt worden, daß auch sie kein natürliches Verhängnis ist, keine romantische *forza del destino* oder mythische *moira*, sondern – und das war es, was Napoleon gemeint haben mußte –, von Menschen gemacht. Die geläufige Rede von den Sachzwängen will uns zwar die *Bedingungen* unsrer Entscheidungen für deren *Ursachen* verkaufen, aber wo immer Entscheidungen gefordert sind – und sie sind auch ökonomisch allenthalben gefordert –, da wird *über* etwas entschieden, so daß das Urteil (die Sprache macht es vernehmlich) *über* die zur Entscheidung stehenden Alternativen hinausgehen muß, um die Instanz zu finden, an der die Alternativen überhaupt gemessen werden können: Die Instanz ökonomischer Entscheidungen ist selber keine ökonomische, und da sie, halten wir uns an die alte griechische Differenzierung, allerdings auch keine ethische (nämlich persönliche) Entscheidung sein kann, ist sie *also* eine politische, die Antwort auf die Frage nicht nur: Was *wollen* wir? sondern: Was *sollen wir*?

¹ „Co-Habitation oder Provisorium?“ Die Franzosen sprechen von „cohabitation à la russe“ – sozusagen ein ‚tableau avec Putin‘.

In der finsternen ersten Hälfte des 20. Jahrhundert hat der Staatsrechtler Carl Schmitt den Begriff des Politischen von Grund auf verdorben durch seine auch heute noch vielzitierte Definition, die "spezifische politische Unterscheidung, auf welche sich die politischen Handlungen und Motive zurückführen" ließen, sei „die Unterscheidung von *Freund* und *Feind*." Bismarck stand dagegen noch in der europäischen *Tradition* mit dem *Aperçu*, Politik sei die Kunst des Möglichen. Denn der früheste Politiker, dessen wir uns im genauen Sinn des Wortes erinnern, der athenische Großkaufmann Solon, lehrte und machte die Probe aufs Exempel, daß und wie Politik über die *Wirklichkeit* der politischen Gegensätze hinauszudenken hat in die *Möglichkeit* einer Vereinbarung, die schon als bloße Möglichkeit die des Gesprächs ist, worin die Kontrahenten nicht länger Feinde, sondern Gegner sind. Das politische Gespräch aber, soll es fruchten, die *Verhandlung*, verlangt Sachkenntnis, *sophia*, und diese politische Forderung, das Wirkliche nicht dem Schicksal zu überlassen, sondern auf seine Möglichkeiten zu reflektieren, verwirklichten seine Nachfolger noch in Solons Jahrhundert, dem 6. vorchristlichen, als *philo-sophia* und so als *epistême*, als Wissenschaft.

Die Politik war, ist und bleibt mithin gut beraten, wenn sie für ihre Entscheidungen die Ökonomie wohl in Rechnung stellt, aber in eine Rechnung, die selber nicht ökonomisch ist, sondern sich an der verlässlichsten Instanz der heute gern so genannten Wissensgesellschaft orientiert, nämlich weniger vielleicht (möchte man vorsichtig hinzusetzen) an den Wissenschaftlern als eben an der Wissenschaft selbst. In diesem Sinn wünsche ich uns allen ein produktives Jahr 2010 und darf Sie jetzt, und hoffentlich zum Beginn manch fernerer freundlich-sachlichen Gesprächs, in die Räume unsrer Wissenschaftlichen Gesellschaft einladen.

Mechanismen der molekularen Evolution*

THOMAS HARTMANN

Institut für Pharmazeutische Biologie, TU-Braunschweig
Mendelssohnstrasse 1, 38106 Braunschweig

Das Leben auf unserer Erde verteilt sich auf etwa 1,75 Millionen rezente Arten. Die Weiterentwicklung (Evolution) dieser Arten verläuft genetisch unabhängig. Evolution heißt stetige Anpassung einer Art an ihre sich kontinuierlich ändernde, belebte und unbelebte Umwelt. Die molekulare Evolution umfasst alle Prozesse, durch die existierende molekulare Merkmale verändert und neue Merkmale herausgebildet werden. Konkret: Wie werden die Eigenschaften von z.B. Enzymen bzw. der sie codierenden Gene verändert? Wie werden bewährte Enzyme bewahrt? Wie entstehen neue Enzyme, neu Biosynthesewege? Was passiert mit Enzymen, die nicht mehr gebraucht werden? Grundlage für jede Evolution bilden folgende bekannte biologische Mechanismen bzw. Eigenschaften:

1. Geschlechtliche Fortpflanzung, als Strategie zur Durchmischung des genetischen Materials verschiedener Individuen und damit Aufrechterhaltung des Genflusses innerhalb von Populationen.
2. Natürliche Selektion, die garantiert, dass in ihrem Erscheinungsbild (Phänotyp) begünstigte Individuen einer Population mehr Nachkommen an die nächste Generation weitergeben als phänotypisch benachteiligte. Vorteilhafte Merkmale setzen sich durch.
3. Genetische Stabilität (DNA-Stabilität), die durch eine spezifische Korrekturlesefunktion bei ihrer Bildung und ständige Pflege und Reparatur in der Zelle gewährleistet wird.
4. Genetische Labilität: Trotz der Aufrechterhaltung einer hohen Stabilität, wird die DNA gelegentlich zufallsbedingt durch nicht reparable Fehler (Mutationen) verändert.

* Kurzfassung eines Vortrages, gehalten am 12. Februar 2010 vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft. Eine ausführliche und erweiterte Fassung erscheint in den Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 63 (2010).

Evolution wird durch Kombination dieser Mechanismen in Gang gehalten. Die hohe DNA-Stabilität stellt sicher, dass essentielle zelluläre Grundoperationen (z.B. Mechanismen der Proteinsynthese, Atmung etc.) nahezu unverändert Jahrmilliarden überdauern konnten. Gelegentliche nachteilige Mutationen werden durch negative Selektion (*purifying selection*) ausgemerzt. Vorteilhafte Mutationen werden durch positive Selektion ausgelesen und können sich in der Population durchsetzen.

Dilemma dieser klassischen Vorstellung zur molekularen Evolution ist, dass ein neues Merkmal (z.B. Enzym) nur durch Veränderung eines vorhandenen entstehen kann. Ist das alte Merkmal (Enzym) essentiell, verhindert negative Selektion die Evolution einer Neuheit. Neue Antworten kamen erst mit den Fortschritten der molekularen Biologie, insbesondere in der Genomanalyse. In der Verdopplung von Genen erkannte man einen Mechanismus zur Lösung des Dilemmas. Durch Genduplikation entstehen zwei Genkopien, von denen eine Kopie die ursprüngliche essentielle Funktion auch weiterhin kontrollieren kann, während die andere, von allen Zwängen befreit, für die Evolution neuer Aufgaben freigestellt ist. Zwei Mechanismen der Genduplikation sind besonders häufig:

1. Segmentduplikation: Fehlerhafte Verdopplung von DNA-Abschnitten, die komplette Gene enthalten können. Dies passiert vor allem bei der Rekombination des Erbguts (Meiose) zweier Individuen im Zuge der geschlechtlichen Fortpflanzung.
2. Genomduplikation: Zufällige Verdopplung ganzer Genome oder großer Teile des Genoms. Genomverdopplungen spielten in der Evolution aller Organismen eine wichtige Rolle, besonders markant in der Evolution der Blütenpflanzen.

Genduplikate haben nur eine Überlebenschance, wenn sie in der Population durch positive Selektion bewahrt werden. Hierzu wurden verschiedene Hypothesen und Modelle aufgestellt. Genkopien, die keiner Selektion unterliegen, gehen wieder verloren, zumeist durch Defektmutationen, die ihre Funktion ausschalten (Pseudogenisierung). Pseudogene erkennt man an ihrer Strukturähnlichkeit (Sequenzhomologie) zu verwandten, funktionsfähigen Genen. Da Selektion am Merkmal (z.B. Funktion eines Enzyms) und nicht am codierenden Gen angreift, kann ein Enzym durch Evolution nur dann eine neue Funktion erlangen, wenn diese, zumindest rudimentär, bereits vor einer Genverdopplung vorhanden ist – das Enzym muss promiskuitiv sein. Ein promiskuitives Enzym katalysiert neben seiner Hauptaktivität eine zumeist funktionell bedeutungslose Nebenaktivität. Diese promiskuitive Nebenaktivität kann unter positiver Selektion zur neuen Hauptaktivität entwickelt werden. Laboruntersuchungen durch gezielte Mutagenese belegen experimentell, dass für die Evolution einer neuen Enzymfunktion oft nur wenige Aminosäuren im Bereich des katalytischen Zentrums des Enzymproteins ausgetauscht werden müssen.

Neben der Evolution neuer Enzymfunktionen aus promiskuitiven Nebenaktivitäten spielt für die Evolution von Neuheiten ein anderer Vorgang eine wichtige Rolle, der im Zusammenhang mit der Genomverdopplung erkannt wurde. Nach einer Verdopplung wird das Gesamtgenom neu arrangiert, dabei gehen viele Genkopien wieder verloren. Besonders eindrucksvoll lässt sich dieser Vorgang bei der Modellpflanze *Arabidopsis thaliana* erkennen, deren Genom insgesamt dreimal dupliziert wurde. In der rezenten Pflanze lassen sich noch heute die Spuren aller drei Duplikationsereignisse erkennen. In mehr als 200 Millionen Jahren Evolution wurde das *Arabidopsis*-Genom in seiner Chromosomen-Zusammensetzung und -Struktur mannigfaltig neu arrangiert. Dabei sind viele duplizierte Gene zufallsbedingt strukturell und regulatorisch neu zugeordnet worden. Dies bedeutet, dass die von ihnen codierten Merkmale (z.B. Enzyme) zufällig in neue Funktionsfelder geraten konnten. Waren diese vorteilhaft, sorgte positive Selektion für ihren Erhalt.

Die hier kurz allgemein umrissenen Evolutionsmechanismen werden an drei Beispielen aus der Evolution des pflanzlichen Sekundärstoffwechsels veranschaulicht. Der Sekundärstoffwechsel umfasst Stoffe und deren Biosynthesewege, die für die Pflanze überlebenswichtige Funktionen in ihrer Wechselwirkung mit der Umwelt haben. Insbesondere spielen sie eine zentrale Rolle in der chemischen Abwehr der Pflanze gegen Pflanzenfresser und pathogene Mikroorganismen. Ohne auf die Beispiele im Einzelnen einzugehen, lassen sich einige Erkenntnisse über die zugrundeliegenden Evolutionsmechanismen herausstellen:

1. Am Beispiel pflanzlichen Polyketidsynthasen wird deutlich, wie Enzym-Promiskuität als „Spielwiese der Evolution“ durch positive Selektion Enzyme mit vielfältig variiertem Substrat- und Produktspezifität hervorbringt.
2. Indol ist seit Jahrmilliarden essentieller Baustein der Aminosäure Tryptophan. Durch mehrfache Duplikation des Indol bildenden Enzyms in einigen Gräsern steht nun Indol für die Evolution neuer Funktionen in der chemischen Abwehr der Pflanze zur Verfügung: als flüchtiges Signal in der indirekten Verteidigung und unabhängig davon als Ausgangsstoff für die Synthese von Abwehrstoffen.
3. Das Duplikat eines Enzyms mit lebensnotwendiger Funktion in der Aktivierung eines regulatorischen Proteins wird mit seiner promiskuitiven Aktivität nahezu unverändert rekrutiert und als Schlüsselenzym in den Biosyntheseweg einer Klasse hochwirksamer Pflanzengifte (Pyrrolizidin-Alkaloide) integriert.

Die Beispiele zeigen, dass für neue Aufgaben freigestellte Genduplikate neu funktionalisiert werden können oder in ihren Funktionen kaum verändert für neue Aufgaben rekrutiert werden. Eine wesentliche „Strategie“ der Evolution scheint darin zu bestehen, Neues und Neuheiten durch Veränderung, Rekrutierung und Neuordnung bestehender Merkmale (Funktionen) zu schaffen.

Lykurg und Solon **Griechische Gesetzgeber und deutsche Klassik**

HANS KLOFT

Charlottenburger Straße 11, 28211 Bremen



I.

Im März des Jahres 1788, kurz vor der Französischen Revolution, kurz vor seiner Anstellung als Professor der Geschichte an der Universität Jena, veröffentlichte Friedrich Schiller eines seiner bekanntesten Gedichte: die Götter Griechenlands.

Da ihr noch die schöne Welt regiertet,
An der Freude leichtem Gängelband
Glücklichere Menschenalter führtet,
Schöne Wesen aus dem Fabelland!

* Der Vortrag wurde am 12.03.2010 vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

Die Vortragsform wurde im folgenden Text beibehalten. Die Literaturhinweise am Schluss dienen der Vertiefung und der weiteren Auseinandersetzung.

Ach! da euer Wonnedienst noch glänzte,
 Wie ganz anders, anders war es da!
 Da man deine Tempel noch bekränzte,
 Venus Amathusia!

...

Schöne Welt, wo bist du? – Kehre wieder,
 Holdes Blütenalter der Natur!
 Ach! nur in dem Feenland der Lieder
 Lebt noch deine goldne Spur.
 Ausgestorben trauert das Gefilde,
 Keine Gottheit zeigt sich meinem Blick,
 Ach! von jenem lebenwarmen Bilde
 Blieb nur das Gerippe mir zurück.

Das Gedicht schien der Um- und Nachwelt nicht nur ein Schlüssel für Schillers Religionsauffassung, sondern in noch größerem Maße ein Beleg und ein Bekenntnis zum antiken Schönheitsideal zu sein, das weit über den Zeitraum und die Person hinausreichte. Hier sprach sich eine Verbindlichkeit aus, die ebenso in der Plastik, der Literatur, der Ästhetik generell zu finden war, eine wunderschöne Welt, die in der Natur- und Götterauffassung der Griechen gipfelte: zeitlos gültig, aber doch unwiederbringlich dahin. In den „Göttern Griechenlands“ wird eine Gegenwelt, ein Regulativ beschworen, das den Verlust an Sinnlichkeit und Religiosität in der Moderne schmerzlich bewusst werden lässt.

Die Verbindlichkeit der Alten im Hinblick auf Friedrich Schiller ist unser Thema, und wir können auf die tiefsinnige Deutung des Dichters und die enormen Reaktionen, welche die Götter Griechenlands hervorriefen, hier nicht näher eingehen. Die Idealisierung der Alten Welt steht in einer geistesgeschichtlichen Tradition der Aneignung antiker Denk- und Verhaltensmuster, die im 18. Jahrhundert einen neuen Aggregatzustand erreichten, an den nur kurz zu erinnern ist.

Es war vor allem, aber nicht nur Johann Joachim Winckelmann (1717–1768), der „Columbus der Altertumswissenschaften“, der mit seiner begeisternden Verehrung der Griechen in Deutschland eine Art Paradigmenwechsel herbeiführte: weg von den römischen Vorbildern, die in Frankreich nach wie vor das Feld behaupteten und in der Französischen Revolution, in der Gestalt des Volkstribuns und seiner Freiheitsideologie zu zentralen politischen Bezugsgrößen wurden. Der Empereur Napoleon und Le Grande Empire waren, wie dies die spätere Geschichtsschreibung gesehen hat (Hippolyte Taine) Kreationen klassischen, d.h. römischen Geistes. In Deutschland beklagte Johann Gottfried Herder laut die Prävalenz der lateinischen Sprache auf den Schulen und brach eine Lanze für das Griechische:

„Seufzen muss der Menschenfreund, wenn er sieht, wie in den Schulen, die mit dem Namen „lateinische Schule“ prangen, die erste junge Lust ermüdet, die erste frische Kraft zurückgehalten, das Talent im Streit vergraben, das Genie aufgehalten wird, bis es, wie eine gar zu lange zurückgehaltene Feder, seine Kraft verliert ... unterdrückte Genies! Märtyrer einer bloß lateinischen Erziehung, o könntet ihr alle laut klagen.“ (DNP 13, 795)

Rom, das war für Herder eine Räuberhöhle. In den Eroberungen der Provinzen sah er nur ein Mörderhandwerk, eine „menschenfeindliche Würgekunst“, die folgerichtig Roms Verfall als Wiedervergeltung im Zuge einer ewigen Naturordnung nach sich zog.

Das ist bei den Griechen anders, deren „warme Einbildungskraft, deren fast wahnsinnige Liebe für alles Schöne“, wie Herder sagt, selbst in ihren bedenklichsten Seiten noch die Nachwelt faszinierte. Mit und durch Winckelmann gewann auch die Idee der engen Verwandtschaft deutscher und griechischer Wesensart an Bedeutung, eine fixe Idee, wie der Göttinger Johann Gottlieb Heyne einmal spitz bemerkte, die nichtsdestoweniger bei Autoren und Dichtern der Zeit an Überzeugung gewann. Wenn Wilhelm von Humboldt in einem Brief an Goethe ausführte, dass „Deutschland in der Sprache, der Vielseitigkeit der Bestrebungen, der Einfachheit des Sinnes, in der föderalistischen Struktur und in seinen neuesten Schicksalen eine unleugbare Ähnlichkeit mit Griechenland besitze“ (ein Brief aus dem Jahre 1800, vgl. DNP 13, 795 – man sieht: Napoleon ante portas –), dann beweist dies, dass die herkömmliche Gleichung: ästhetischer, künstlerischer Klassizismus in Deutschland – politischer, an Rom orientierter Klassizismus in Frankreich, zu grobschlächtig daherkommt und die wichtigen Zwischentöne, die sehr viel komplexeren Adaptionen der griechischen Vorbilder unterschlägt. Schon 1770, beim ersten Aufstand der Griechen gegen die türkische Oberhoheit, regten sich die ersten Anzeichen eines Philhellenismus auch in Deutschland, der auf Befreiung und Unabhängigkeit einer einst so bedeutenden Nation zielte. So ist Hölderlins Hyperion ein zeitgenössischer Grieche, der am Befreiungskampf teilnimmt; und noch Johann Gustav Droysen steht in dieser politischen Griechentradition, wenn er in seiner 1833 verfassten „Geschichte Alexanders d. Großen“ das welthistorische Genie als den großen Einiger Griechenlands und den Propagator einer hellenischen Weltkultur begreift, ein „Werkzeug in der Hand der Geschichte“ (Nippel), das der zersplitterten Oikumene ein einheitliches Gepräge gibt. Dies lässt an Napoleon ebenso denken wie an das zersplitterte Deutschland der Metternich-Zeit, wiewohl die „rettende Tat“ im Jahre 1833 in der Gestalt Preußens und der späteren Reichseinigung noch weit entfernt war.

„Ohne Winckelmann wäre die klassisch-deutsche Humanitätslehre undenkbar“ (DNP 13, 798), dieser Satz lässt sich auf die enorme Wirkung seiner ästhetischen und kunstgeschichtlichen Arbeiten beziehen, das Schlagwort von der

edlen Einfalt und der stillen Größe, welche in dem gebändigten Leiden des Laokoon ihren schönsten Ausdruck fand und in der Dichtung der deutschen Klassiker ihr literarisches Pendant gewann. Von dieser „normativen und unhistorischen Adaption der Antike“, wie man formuliert hat, sich zu distanzieren, wie es in der neuesten Ausgabe des Pauly geschieht (Sotera, DNP 13, 798), ist wohlfeil und verdeckt die großartige, zeitgenössische und in ihrer Art notwendige Rezeption antiker Vorbilder in der politischen und gesellschaftlichen Sphäre, von der im Folgenden die Rede sein soll.

II.

Man darf nämlich nicht vergessen, dass die Revitalisierung der Antike, ob in der Renaissance, dem Neuhumanismus, dem deutschen Klassizismus neben der literarischen, künstlerischen und philosophischen Adaption auch und gerade eine politische Vorbildlichkeit umfasst hat.

Niccolò Macchiavelli (1469–1527), der bedeutendste politische Theoretiker am Beginn der Neuzeit, entwirft anhand der ersten Dekade des römischen Geschichtsschreibers Livius eine republikanische Staatsform, die in ihren Grundstrukturen Vorbildcharakter auch für den Stadtstaat Florenz besitzt. Bekanntester, umstrittener und folgereicher ist sein Traktat „De principatibus“ gewesen, vielfach als „Il principe“ – „der Fürst“ zitiert, der machtbewusstes und erfolgreiches politisches Handeln des Souveräns jenseits moralischer oder religiöser Überzeugungen an antike Wertvorstellungen bindet: *virtus*, *prudentia*, *fortuna*, *occasio*, und damit fundamental mit der Tradition ethisch bestimmter Fürstenspiegel des Mittelalters bricht. Die vom griechischen Historiker Polybios entworfene Mischverfassung, die in der Verbindung von monarchischen, aristokratischen und demokratischen Elementen den Erfolg der römischen *res publica* sah, hat sowohl Montesquieu wie auch die Väter der amerikanischen Verfassung in den berühmten *Federalist Papers* tief beeinflusst. Washington als *Roma renovata* – das Kapitol als Sitz der Regierung, die amerikanischen Gründerväter kannten ihre Vorbilder. „Wir sind das einzige Land, dessen Farmer Homer lesen können“, so ließ sich Thomas Jefferson 1787 in Paris vernehmen (Krippendorff).

Das sind nun alles andere als abstrakte, blutleere antiquarische Theorien, sondern ganz konkrete Versuche, der staatlichen Verfassung der Neuzeit ein bürgerliches Fundament zu liefern. Wie muss der Staat aussehen, der dem Wohle aller verpflichtet ist und zugleich Beständigkeit, wie wir heute gerne zu sagen pflegen: Nachhaltigkeit und Erfolg aufweist? Ein Staat, der beansprucht, ein Entwurf von Menschen, ein Produkt menschlicher Fähigkeiten und menschlichen Denkens zu sein und sich nicht auf göttliche Weisung mehr beruft. Lichtenberg hat einmal von der französischen Revolution als Epoche der Experimentalpolitik gesprochen, von einem politischen Laboratorium, das sich zunächst ein-

mal in den theoretischen Entwürfen des 18. Jahrhunderts ausspricht. Dass die theoretischen, vielfach antike Vorlagen weiterentwickelnde Entwürfe sich in der Praxis dann anders ausprägen, ergab sich aus den historischen Umständen mit einer gewissen Notwendigkeit.

III.

Antike Vorbildlichkeit im 18. Jahrhundert: da lässt sich vieles und wichtiges Neue aufzählen. Laokoon und seine ästhetische Deutung, die wiederentdeckten griechischen Tempel in Unteritalien und auf Sizilien, die spektakulären Ausgrabungen im Herculaneum und Pompeji, nicht zu vergessen die philologisch-wissenschaftliche Erschließung der Antike, die mit dem Namen Johann Gottlieb Heyne und der Göttinger Schule verbunden ist – hierhin gehört auch die Suche nach einer politischen und gesellschaftlichen Verfasstheit, einer modernen Politeia, die dem Bürgertum eine angemessene politische Behausung bietet. Damit steuern wir auf Friedrich Schiller und unser Thema genauer zu, müssen aber eine weitere historische Bewegung hinzunehmen, die sich vorher in Frankreich, dann vor allem in Göttingen, das im 18. Jahrhundert als das neue Alexandria gerühmt wurde, ausbildete: der Entwurf einer Universalgeschichte, in welcher die Antike eine wesentliche Stufe der Menschheitsgeschichte bildet.

Universalgeschichte, wie sie von Johann Christoph Gatterer und August Wilhelm Schlözer in Deutschland entwickelt wurde, trägt nicht nur der Erweiterung der Welt durch die großen Entdeckungen Rechnung, sondern zentriert die vielfältigen historischen Bewegungen auf einen Punkt, oder, wie Schlözer sagt, auf ein System. Immer, wenn wir ernsthaft Universal- oder Weltgeschichte, heute: Globalgeschichte in den Blick nehmen, schält sich so etwas wie ein teleologischer Bezugspunkt heraus, auf den die Entwicklungen zulaufen bzw. zuzulaufen scheinen: heute die Globalisierung im Zeichen weltweiter Kapital-, Arbeits- und Migrantenströme; im 20. Jahrhundert die Ausbreitung der Industriegesellschaft und der Weg zu demokratischen Staatsformen; im 19. Jahrhundert die Kolonisierung und imperiale Strukturen; und im 18. Jahrhundert waren es die aufklärende Vernunft und die Vision eines Weltbürgers, der die Enge regionaler und geistiger Beschränktheit überwinden sollte. Der Weltbürger steht gleichsam am Ziel einer langen mühevollen Menschheitsgeschichte, die von kleinsten und barbarischen Anfängen über erkennbare Stufen zur weltbürgerlichen Humanität fortschreitet. Es ist im wahrsten Sinne des Wortes ein ungeheuerlicher Entwurf, der in faszinierender Weise pragmatisches Geschehen und philosophische Deutung zu verbinden weiß. Und es spricht wiederum für die großartige Aneignung antiken Denkens, dass der Göttinger Gelehrte A.W. Schlözer in Polybios und dessen Universalgeschichte einen legitimen Vorläufer sah, Polybios, der die damalige Weltgeschichte im Mittelmeerraum folgerichtig auf die Dominanz römischer Herrschaft hinauslaufen sah.

IV.

Antike und Universalgeschichte: Mit dieser Chiffre sind wir nun endlich bei Friedrich Schiller, beim Jahr 1789 und seinen historischen Versuchen als akademischer Lehrer angelangt. Schiller beginnt im Mai 1789 seine Lehrtätigkeit in Jena als Professor der Geschichte mit einer Antrittsvorlesung, die Furore machte: *Was heißt und zu welchem Zwecke studiert man Universalgeschichte?* Hier entfaltet er vor über 500 erwartungsvollen Zuhörern das Profil einer historischen Wissenschaft in weltbürgerlicher Absicht, wie Immanuel Kant formuliert hat, die unmittelbar vor der Französischen Revolution die gewaltigen Entdeckungen der Zeit, die Ausdehnung der Welt, die Erweiterung des Denkens und der Wissenschaften als Resultante eines langen Menschheitsweges begreift, den der philosophische Kopf – nicht der klein-klein Historiker, der „Brodgelehrte“ – zu ergründen und zu begreifen hat. Dies ist Aufklärungshistorie im besten Sinne des Wortes, die Schiller in seinen weiteren Vorlesungen des Jahres 1789 entfaltet.

Die Gesetzgebung des Lykurg und des Solon – da geht es vordergründig um zwei legendäre Gesetzesgeber der griechischen Frühzeit, deren Profil Schiller in der Hauptsache den Viten des kaiserzeitlichen Autors Plutarch entnimmt. Es geht zum anderen um die Funktion von Gesetzgebung im Stadium früher Staatlichkeit; Montesquieus epochenmachendes Werk „Vom Geist der Gesetze“ (De l’Esprit des lois), das 1748 herauskam, hat in der gesamten damaligen Gelehrtenwelt den Blick für die Bedingungen und die rechtlichen Formen der Staatsverfassungen geschärft. In der „Gesetzgebung des Lykurg und des Solon“ greift man Schillers universalhistorisches Interesse mit Händen. Hier sieht er „...das erste Exercitium des jugendlichen Weltalters“ am Werke, „dem es noch an Erfahrung und hellen Einsichten fehlt, die wahren Verhältnisse der Dinge zu erkennen“ (NA 426).

Und schließlich geht es um Sparta und um Athen, die nicht nur im Altertum zwei zentrale Pole griechischer Staatlichkeit bildeten, sondern in der Rezeption unterschiedliche Staats- und Gesellschaftsentwürfe verkörperten, die Lehren für die Gegenwart bereithielten. Das haben große französische Denker bereits vor ihm gesehen, aber mit bemerkenswert unterschiedlicher Zielrichtung. Für Jean Jacques Rousseau, der sich in Frankreich als „hoher Priester des Lakonismus“, der Spartamanie einen Namen machte, war die kleine Stadt am Eurotas der Mittelpunkt der Tugend, der Einfachheit, des natürlichen Lebens und damit der dauernde Gegenbeweis gegen „eine eitle Doktrin, der Gegenpol gegen das luxuriöse, das verkommene und lasterhafte Athen“ (Losemann). Ganz anders Voltaire, der den Luxus in Athen ausdrücklich bejahte, weil er große Männer auf allen Ebenen hervorgebracht habe: Demosthenes, Sophokles und Phidias. Für Rousseau wie für Voltaire besaß der Gegensatz Sparta-Athen, die Antithese „Kriegs- gegen Händlerstaat“ (Nippel) eine zentrale Botschaft für die Gegen-

wart. Hierher gehört auch, dass Voltaire gegenüber Friedrich II. von Berlin als dem „Sparta des Nordens“ sprach, das sich unter dem kunstsinnigen König dann zum bekannten „Spreeathen“ gewandelt habe.

Man sieht: Der so einfach und so gefällig daher kommende Traktat Schillers besitzt eine allgemein historische, eine antike und eine zeitgenössische Dimension, die der Autor sinnfällig verknüpft. Über die antiken Figuren und ihre Bedeutung genügen in unserem Zusammenhang wenige Bemerkungen. Während für Herodot, Polybios und Plutarch, dem Schiller folgt, Lykurgos eine durchaus reale Persönlichkeit aus der spartanischen Frühzeit (10. bis 8. Jahrhundert v. Chr.) darstellt, hält ihn die kritische Forschung seit langem für eine legendäre Figur, auf die hin zentrale Elemente der frühen spartanischen Staats- und Gesellschaftsordnung projiziert wurden. Diese schöpferische und überlegene Kraft des großen Gestalters, der im staatlichen Chaos zur rettenden Tat schreitet, ist es, die Schiller an Lykurg herausstellt. In den antiken Quellen erhält Lykurg seine Weisungen, was durchaus glaubhaft ist, vom delphischen Orakel, in der griechischen Frühzeit eine zusätzliche und notwendige Legitimation. Eine derartige göttliche Eingebung konnte nun freilich Schiller nicht gebrauchen, für ihn ist es ein rein menschlicher Entwurf, der von Einsicht in die Notwendigkeit gespeist wird und den großen Sculptor, den überlegenen Bildhauer, am Werke sieht, der das gesellschaftliche Chaos in feste Formen überführt (NA 426).

Die gesetzgeberische Reform, die Sparta für Jahrhunderte prägen sollte, erstreckt sich auf drei Bereiche: da ist zum Ersten der Bereich der Politik bzw. der politischen Institutionen. Um eine Mitte zwischen „königlicher Tyranney und anarchischer Demokratie“ (NA 415) zu gewinnen, etabliert Lykurg den aristokratischen Senat und schafft so sich gegenseitig begrenzende und regulierende Teile eines Gesamtsystems, das Stabilität aufweist. Diese bereits in der Antike hochbewunderte Idee der Mischverfassung, die Sparta und vor allem Rom aufwiesen, wird ergänzt durch wirtschaftliche und gesellschaftliche Maßnahmen von großer Tragweite: Die Aufteilung des Staatsgebietes in gleich große Landlose, die unter die Bürger verteilt werden, also gleichen Besitz schaffen; dazu die Absenz von Zahlungsmitteln aus Edelmetall, also von Münzgeld, wie es die übrigen Stadtstaaten prägen, dafür die Verwendung des unansehnlichen Eisengeldes; damit einhergehend die Abschaffung des Warenaustausches und des Luxus mit dem „Ausland“; stattdessen ein frugales Leben, gemeinsame einfache Mahlzeiten der Spartiaten, die insgesamt dem Ziele bürgerlicher Gleichheit dienen sollten.

Die intendierte gleiche Lebensweise wird zum Dritten fundamementiert durch eine zielgerichtete Erziehung, die berühmte spartanische Agogé, welche körperliche Auslese, Sport, Leibes- und Wehrrtütigung in den Mittelpunkt stellt. Die staatliche Erziehung zielt einzig und allein auf die militärische Schlagkraft im Dienste des Gemeinwesens. Die Arbeit und damit die Sicherung des Lebensunterhaltes werden konsequent abgeschichtet auf eine unterdrückte Bevölke-

rungsgruppe, die Heloten, während die jungen Spartiaten, abgesehen von den Kriegsspielen, keinen Beschäftigungen nachgehen, untätig, „müßig“ bleiben, wie Schiller sagt. So hält sich eine Kriegerkaste am Leben, die den Kampf als Ausgangs- und Endpunkt aller Tätigkeiten auffasst.

Sparta als Idee: Das war ein Staats- und Gesellschaftsentwurf, der bis in die jüngste Zeit hinein große Auswirkungen besessen hat. Die Mischverfassung, wie sie vor allem Polybios anhand der lykurgischen und römischen Politeia entwickelt hat, wurde zum Ausgangspunkt der modernen Gewaltenteilung, die über Montesquieu in die europäischen Verfassungsentwürfe Eingang fand. Der europäische Frühsozialismus orientierte sich an der Idee der Landverteilung und der Bürgergleichheit, so dass aus Lykurg gleichsam ein Frühsozialist wurde (Kloft). Der Nationalsozialismus sah in der Wehrrertüchtigung und im Herrentum, welches die Heloten für sich arbeiten lässt, durchaus historische Vorbilder für eine künftige Gesellschafts- und Wirtschaftsordnung im Osten. Darauf ist hier nicht näher einzugehen. Schiller zieht aus den lykurgischen Maßnahmen eine Quintessenz, die wie folgt lautet:

„Werfen wir einen blos flüchtigen Blick auf die Gesetzgebung des Lykurgus, so befällt uns wirklich ein angenehmes Erstaunen. Unter allen ähnlichen Instituten des Alterthums ist sie unstreitig die vollendetste, die mosaische Gesetzgebung ausgenommen, der sie in vielen Stücken, und vorzüglich in dem Prinzipium gleicht, das ihr zum Grund liegt. Sie ist wirklich in sich selbst vollendet, alles schließt sich darinn an einander an, eines wird durch alles, und alles durch eins gehalten. Bessere Mittel konnte Lykurgus wohl nicht wählen, den Zweck zu erreichen, den er vor Augen hatte, einen Staat nemlich, der von allen übrigen isolirt, sich selbst genug und fähig wäre, durch innern Kreislauf und eigne lebendige Kraft sich selbst zu erhalten.“ (NA 421)

Aber dann bringt Schiller die dramatische Wende:

„Wäre aber meine Schilderung hier zu Ende, so würde ich mich eines sehr großen Irrthums schuldig gemacht haben. Diese bewundernswürdige Verfassung ist im höchsten Grade verwerflich, und nichts traurigers könnte der Menschheit begegnen, als wenn alle Staaten nach diesem Muster wären gegründet worden.“ (NA 423)

Um diese Feststellung zu untermauern, werden im Folgenden grundsätzliche Kriterien einer Staats- und Gesellschaftsordnung zur Sprache gebracht, wie sie sich Schiller vorstellt.

„Der Staat selbst ist niemals Zweck, er ist nur wichtig als eine Bedingung unter welcher der Zweck der Menschheit erfüllt werden kann, und dieser Zweck der Menschheit ist kein anderer, als Ausbildung aller Kräfte des Menschen, F o r t s c h r e i t u n g.“ (NA 423)

Mit anderen Worten: der Staat hat seine Aufgabe in der Entfaltung der menschlichen Persönlichkeit, in der Beförderung seiner Kultur im umfassenden Sinne. Vaterlandsliebe auf Kosten der sittlichen Familienbande, auf Kosten der Menschheitsliebe bzw. des Menschheitsgefühls, ein Patriotismus, der mit der Unmenschlichkeit gegen Heloten bzw. Sklaven erkaufte wird, dies widerstrebt allen humanitären Prinzipien, die für Schiller unverhandelbar sind.

„Nicht genug daß Lykurgus auf den Ruin der Sittlichkeit seinen Staat gründete, er arbeitete auf eine andre Art gegen den höchsten Zweck der Menschheit, indem er durch sein fein durchdachtes Staatssystem den Geist der Spartaner auf derjenigen Stufe fest hielt, worauf er ihn fand, und auf ewig alle Fortschreitung hemmte.“ (NA 425)

Fortschreitung, wir würden sagen: Fortschritt, Entwicklungs- bzw. Entfaltungsmöglichkeit in Kultur, Wissenschaft, in Gewerbe- und Handelsfleiß – wenn diese Kanäle versperrt sind, dann kann sich der spartanische Staat nur um sich selbst drehen, ist „unglücklich“ (426) im umfassenden Sinn des Wortes. Das Unglücklichsein geht bei Schiller weit über die subjektive Befindlichkeit des Einzelnen hinaus – das Gemeinwesen als solches ist nicht geglückt und in diesem Zustand gewissermaßen ein Menetekel der Weltgeschichte.

Und trotzdem: für Schiller hat dieser doch so unproduktive Entwurf einer menschlichen Verfassung durchaus seine positiven Seiten. Es ist für ihn ein erster, notwendigerweise unvollkommener Versuch, dem unregelmäßigen, chaotischen Zusammenleben der Menschen feste Konturen zu geben, „*ein Riesenschritt des menschlichen Geistes*“ (NA 426), „*ein erstes Exercituum des jugendlichen Weltalters*“, wie wir bereits gesagt haben, eine Art erste Fingerübung jener Kraft, welche die Weltgeschichte vorantreibt. Und wer Fortschritt sagt und Entwicklung der Menschlichkeit meint, für den ist auch der erste und kleinste Schritt auf diesem Wege alle Anerkennung wert.

Zwei Dinge sollen an dieser Stelle festgehalten werden: Schiller, der „deutsche Plutarch“, wie er sich selbst sieht (Safranski), nimmt die Überlieferung über Lykurg und Sparta ausgesprochen unkritisch hin, ihm konnte es auch nicht um ein historisches Verstehen im Rankischen Sinne gehen. Das reale Sparta und seine Entwicklung, die es durchaus gegeben hat, sehen wir heute in vielen Punkten gänzlich anders. Schon Plutarch, der feinsinnige Autor der Kaiserzeit, hat sich nach rund 800 Jahren die vorhandenen Kenntnisse nach seinem Gusto zusammengestellt. Schiller zieht nur diejenigen Überlieferungsstücke heran, die er für sein grundsätzliches Raisonement gebrauchen und in Antithese zu Solon und Athen anschaulich machen konnte. Das Negativbeispiel, nämlich Lykurg, kontrastiert mit dem positiven, mit Solon; aus beiden folgt das *historia docet* für das Hier und Jetzt. Wie der Bildhauer, so schafft der Gesetzgeber aus seinem Stoff ein Gebilde, das am Anfang unvollkommen, aber mit der Zeit immer mehr

zu vollkommeneren Formen gerät. Insofern führt der nächste Schritt bereits entschieden über Lykurg hinaus.

V.

Bei Solon und seinen Maßnahmen können wir uns kürzer fassen. Im Gegensatz zu Lykurg ist er für uns kein bloßer Mythos, sondern ein durch und durch realer und bemerkenswerter Staatsmann mit eigener Stimme und einem festen Platz innerhalb der frühen attischen Geschichte; ein Mythos aber doch insofern, als ihn die spätere Zeit als Urvater und Gründer der Demokratie in Athen in Anspruch nahm, was er sicher nicht war.

Auch Solon findet, so Schiller, zu Beginn des 6. Jahrhunderts v. Chr. anarchische Zustände vor: Reiche, die auf eine Aristokratie zusteuerten, Arme, die Landverteilung und Demokratie forderten, eine dritte Fraktion, die beides zu kombinieren suchte – in dieser Krisensituation wird er 594/593 zum Archon und außerordentlichen Gesetzgeber gewählt, ein Mann, der, wie Schiller betont, für sein Vorhaben der Staats- und Gesellschaftsreform sehr viel bessere Voraussetzungen als Lykurg mitbrachte: Weltgewandt, begabt mit Sinn für den Handel und für die Dichtkunst, zugleich ein erfolgreicher Heerführer, also ausgestattet mit bemerkenswerten Fähigkeiten und einer weiteren Sensibilität, mit Verständnis für seine Mitbürger und deren Nöte. Die Konflikte geht er entschlossen an.

Er führt zunächst eine Bauern- und Bodenbefreiung, eine *seisachtheia* ein, welche in der Zukunft freien und sicheren Grundbesitz schuf und eine Klasse kleiner Landeigentümer, mit den Worten Schillers:

„Das Land, das früher Slavendienste that, war jetzt frey, der Bürger bearbeitete den Acker jetzt als sein Eigenthum, den er vorher als Tagelöhner für seinen Creditor bearbeitet hatte.“ (NA 433f.)

Das war in der Tat eine zukunftssträchtige wirtschaftliche Entscheidung, der nicht minder wichtige folgten, in den Worten Schillers: *„Nun übernahm er das große Werk, der Republik eine neue C o n s t i t u t i o n zu geben“* (NA 433).

Die Konstitution, die Verfassung, das war ein zündendes Stichwort des 18. Jahrhunderts. Die attische kumulierte laut Schiller folgende Kriterien:

- sie bestand in einer timokratischen Grundordnung, welche die politische Teilhabe der Bürger an Einkommensklassen band;
- sie schuf neue und erweiterte Zuständigkeiten für die „Nationalversammlung“, die griechische Ekklesia, so dass eine „vollkommene Demokratie“ entstand und das Volk zum eigentlichen „Souverän“ wurde (NA 434);

- sie entwickelte dazu als Gegengewicht den Senat (Boulé) und den Areopag als Rechtsaufsicht;
- sie temperierte die Volksherrschaft durch *Redner*, welche dem anarchischen Volkswillen durch Beratung und Antragsstellung eine feste Form und eine feste Richtung gaben. „*Durch diese Redner wurde dem Volk eine sanfte und erlaubte Fessel angelegt*“ (NA 434), im Anfang eine durchaus segensreiche Funktion, die freilich später durch die sogenannten Demagogen konkuriert wurde;

und schließlich gehörte zur Konstitution die Schaffung von unterschiedlichen Rechtsinstitutionen, die über die Einhaltung der Gesetze wachten und die Rechtspflege auf den verschiedensten Gebieten ausübten.

Es schlägt für unsere Argumentation wenig, dass Schiller dem Gesetzgeber Solon viele Entscheidungen zuspricht, die erst später in den demokratischen Haushalt Athens eingestellt wurden. Aber die gesamte so geschaffene Anlage des attischen Gemeinwesens begründet eine ganz andere Entwicklung als die in Sparta, wo alles auf Sicherung und Stärkung des Staates hinauslief. Die solonischen Gesetze dienen den Menschen und ihren Fähigkeiten. Den Gewerbefleiß des Bürgers muss man hoch ansetzen und durch geeignete staatliche Gesetze fördern. Der Gewerbefleiß setzt alle Tugenden frei, Kunst und Wissenschaft blühen. „*Wo findet man in Sparta einen Sokrates, einen Thucydides, einen Sophokles und Plato?*“ (NA 441); Schiller führt weiter aus:

Beide, Solon wie Lykurg, waren große Männer, beide waren rechtschaffne Männer, aber wie verschieden haben sie gewirkt, weil sie von entgegengesetzten Principien ausgingen. Um den atheniensischen Gesetzgeber steht die Freiheit und die Freude, der Fleiß und der Ueberfluß – stehen alle Künste und Tugenden, alle Grazien und Musen herum, sehen dankbar zu ihm auf, und nennen ihn ihren Vater und Schöpfer. Um den Lykurgus sieht man nichts als Tyranny und ihr schreckliches Gegentheil, die Knechtschaft, die ihre Ketten schüttelt, und dem Urheber ihres Elends flucht.“ (NA 441)

VI.

Die zeitgenössische Dimension des von Schiller so effektiv gestaltetes Gegensatzes konnte keinem Zuhörer bzw. Leser im Jahre 1789 verborgen bleiben. Und Schiller lässt nicht nur die griechische Geschichte für die Gegenwart sprechen, sondern ergänzt sie in wünschenswerter Weise, die attische Überhöhung dabei universalhistorisch bis zu einem gewissen Grade wieder zurücknehmend, wie er es in seiner Antrittsvorlesung bereits getan hatte.

„... sie (die Universalgeschichte) heilt uns vor der übertriebenen Bewunderung des Alterthums und von der kindischen Sehnsucht nach vergangenem

Zeiten; und indem sie uns auf unsere eigenen Besitzungen aufmerksam macht, lässt sie uns die gepriesenen goldenen Zeiten Alexanders und Augusts nicht zurückwünschen.“ (NA 17, 375).

Die Frage nach einer angemessenen Verfassung, einer Konstitution, gewann im 18. Jahrhundert auch in Deutschland eine immer größere Relevanz. Christian Wolff, der durch seine Gegnerschaft zu August Hermann Francke in Halle auch heute noch kenntlich ist, sprach sich bereits 1721 in seiner „Deutschen Politik“ für eine gemischte Verfassung aus. Der einflussreiche Staatsrechtler Johann Heinrich Gottlob von Justi konzipierte 1771 ein umfängliches konstitutionelles System mit einer „Grundgewalt des Volkes“, das über dem Herrscher steht (Mohnhaupt/Grimm).

Der Begriff der Nationalversammlung hebt die attische Ekklesia auf den Status einer allgemeinen Volksvertretung, wie sie 1789 in Frankreich und erst 1848 in Frankfurt für Deutschland Wirklichkeit wurde. Auch sie transponiert die Vorstellungen der eigenen Zeit in die griechische Antike: den Begriff einer einheitlichen Nation, die Griechenland ebenso wenig war wie das Heilige Römische Reich des 18. Jahrhunderts; und die noch viel weitergehende Erwartung, dass eine personale Vertretung dieser Nation existiert, die alle wichtigen staatlichen Angelegenheiten entscheidet. Schiller steigert die Entscheidungskompetenz sogar zur Volkssouveränität und zur vollkommenen Demokratie, die, so seine Ausführung, direkt, also nicht repräsentativ ausgeübt wurde und eine Folge der solonischen Gesetzgebung war (NA 434). Im Begriff der Volkssouveränität knüpft Schiller wiederum ganz offensichtlich an Rousseau und an seinem Contrat social an, der den gemeinsamen Willen der Bürger zum Ausgangspunkt des Gesellschaftsvertrages und der Volkssouveränität erklärt hatte.

Die große Bedeutung der Redner für das Funktionieren von Volksversammlungen muss man im Hinblick auf die Französische Revolution nicht eigens betonen. Sie sind für die Artikulation des Volkswillens und für die Entscheidungsfindung wesentlich gewesen, haben freilich in der zeitgenössischen Überlieferung und in der späteren Resonanz als Demagogen eine vornehmlich negative Konnotation. So ergaben sich für den in Arbergen bei Bremen geborenen Arnold Hermann Ludwig Heeren (1760-1842), Professor für Geschichte an der Universität Göttingen, aufschlussreiche Zusammenhänge zwischen Athen und dem revolutionären Paris: Ihm erschließt sich die Rolle der Demagogen in der athenischen Demokratie erst ganz im Lichte der Erfahrungen mit den Häuptern der Jakobiner; Cleon sei ein 'atheniensischer Robespierre' gewesen (Nippel).

Arbeitsethos, Bürgerfleiß und Eigentumsrechte – auch diese Größen besaßen ihre hohe Bedeutung im 18. Jahrhundert. Sie ermöglichten das erfolgreiche wirtschaftliche Handeln und sicherten den persönlichen Status des Einzelnen. Dass die Spartaner Müßiggänger, die Athener aber fleißig waren, dort gesellschaftlicher Stillstand und kulturelle Wüste herrschte, hier Wohlstand und schöne

Künste florierten, zeitigte Ergebnisse, die sich sehen lassen und im Sinne einer historischen Lehre allgemeine Gültigkeit beanspruchen konnten. Bürgerliche Kultur bedarf des materiellen Unterbaus durch Arbeit und Handel, durch eine planvolle Ökonomie.

Aber die Bedeutung der solonischen-attischen Verfassungsverhältnisse erschöpft sich nicht in den Termini und in den Vorstellungen der Zeit. Schiller sieht auch das notwendig Defizitäre des politischen Aufbaus: es gab kein Repräsentationsprinzip, die direkte Demokratie der Alten neigte zu tumultuarischen und leidenschaftlichen Entscheidungen, ein generelles Übel, das in Athen durch die Tüchtigkeit der Bürger gemildert war. Den politischen Verstand „des atheniensischen Pöbels“ (NA 440) schätzte er, im Unterschied zu vielen Autoren der Zeit, vergleichsweise hoch ein. Trotzdem lag in der Unmittelbarkeit der Demokratie mit ihren Volksversammlungen ein Problem.

„Alle großen Versammlungen haben immer eine gewisse Gesetzlosigkeit in ihrem Gefolge, – alle k l e i n e r n aber haben Mühe sich von a r i s t o - k r a t i s c h e m D e s p o t i s m u s ganz rein zu erhalten. Zwischen b e y d e n eine glückliche Mitte zu treffen, ist das schwerste Problem, das die kommenden Jahrhunderte erst auflösen sollen.“ (NA 440)

VII.

Den Schluss von Lykurg auf Sparta und von Solon auf Athen, deren grandiose Unterschiedlichkeit im 19. und 20. Jahrhundert zum Allgemeingut wurde, wird bei Schiller in einem abschließenden Raisonement auf den unterschiedlichen Volkscharakter, wir würden sagen: auf eine unterschiedliche Mentalität zurückgeführt. Die Gesetze formulieren, was im jeweiligen Volk angelegt ist. *Charaktér*, der griechische Begriff meint in der Münzherstellung das Geprägte, den Abdruck, der vermittle einer mit Punzen und anderen Werkzeugen herausgearbeiteten Eisenform hergestellt wurde, vergleichbar dem Keramik- oder Holzmodell, das seine Konturen dem Material genau übermittle. So lassen die Gesetze den Schluss auf den Volkscharakter zu (*„Der Charakter eines ganzen Volkes ist der treueste Abdruck seiner Gesetze“*, NA 441). Der Spartaner: *geistig beschränkt, herzlos, hochfahrend, nicht gewissenhaft und treulos, dazu despotisch*, „... seiner Größe, seiner Tugend selbst fehlt es an Anmuth, welche allein die Herzen gewinnt.“ (NA 441) Diese charis, dieses Charisma ist nun den Athenern im hohen Maße eigen: *„Weichmüthig, sanft höflich, aber auch ein Freund der Tafelvergönungen, auch wollüstig, ‘großmüthig im Glücke, und im Unglücke standhaft’“*, menschlich gegenüber Sklaven und Tieren (NA 442f.).

Aber Schiller unterschlägt nicht die negativen Seiten: die Undankbarkeit der Athener gegenüber verdienten Männern, übel und stolz in den öffentlichen Beratschlagungen von *leichtsinnigem Schwindelgeist erfasst, ruhmstüchtig und*

auf Neuheiten aus, ein Menschenschlag, der „in immer währender Bewegung seyn“ musste (NA). Wir wsstens gerne, woher Schiller diese Stammes- um nicht zu sagen Vlkerphysiognomie hat. Sie besitzt in ihrer allgemeinen Prägung in Montesquieu, Rousseau und Voltaire respektable Vorläufer. Dass Schiller sie selbst aus den antiken Quellen herausdestilliert hat, scheint mir eher unwahrscheinlich. Aber die Funktion ist klar: die Stammeseigenschaften – mit Herder und wenig später im Zeitalter der Romantik spricht man vom V o l k s g e i s t – prägen über die Gesetze hinaus die weitere historische Entwicklung. Der unterschiedliche Weg, den Sparta und Athen in der Geschichte nehmen, ist in ihrem Charakter und in ihrem „Wesen“ angelegt, das sich in der Geschichte entfaltet.

VIII.

Welch grandioses Welttheater ist den Jenaer Studenten im August des Jahres 1789 von Schiller vorgeführt worden:

- Ein Stück Geschichte der Welt in ihrem „jugendlichen Zeitalter“, das zu ersten Ordnungen und Regelungen findet;
- in eins damit ein Diskurs mit den Entwürfen eines Voltaire und eines Rousseau; jener, der das wohlhabende Athen preist, dieser, der das einfache Sparta hoch lobt und das raffinierte und luxuriöse Athen verdammt;
- ein paradigmatisches Stück alter Geschichte, das anhand von gesetzgebenden Staatsmännern und anhand je eigener anthropologischer Anlagen die unterschiedliche Entwicklung verstehbar macht;
- und schließlich aus der Geschichte heraus ein Stück Gegenwartsdeutung, die Umrisse einer zeitgemäßen Politeia, einer Konstitution, die Grundeigentum, Gewerbe- und Handelsfleiß der Bürger fordert, ein Rechtssystem und sich selbst regulierende Institutionen kennt, aufgebaut auf der Beteiligung der Bürger.

Das waren die von Solon geschaffenen Voraussetzungen, die in Athen Kunst, Kultur, Literatur und Wissenschaften blhen ließen: „*Alles eilte dem herrlichen Zeitalter des Perikles entgegen.*“ (NA 444). Mit diesem Satz beendet Schiller seine Ausführungen und lässt uns genügend Raum, die Fäden weiterzuspinnen und die Gesichtspunkte aufzunehmen, die der weiteren Diskussion wert sind.

Zum Abschluss seien deshalb drei Aspekte kurz angesprochen:

Zum Ersten – Schiller und die Antike, das ist, ähnlich wie bei Goethe, ein weites Feld, das je eigens und, man möchte sagen, je nach Jahreszeit anders bestellt wurde. Entraten konnte man dieser gewaltigen Vorgabe, der Vorbildlichkeit der Alten, nicht. „*Es ist so entsetzlich schwer, den Bemerkungen der Alten über den*

Kopf zu wachsen“, hatte Lichtenberg in seinen Sudelbüchern notiert (E 367). Die Frage nach der Priorität des Alten oder des Neuen, die „Querelle des Anciens et des Modernes“ schlug im 18. Jahrhundert hohe Wellen. „Eine größere Affinität zu den Griechen als viele andere“ nimmt Schiller für sich in einem Brief an Wilhelm von Humboldt aus dem Jahre 1795 in Anspruch (Koopmann). Von der großen Resonanz, welche „die Götter Griechenlands“ fanden, haben wir kurz gesprochen. Die Balladen des Jahres 1797: „Die Bürgschaft“, „Die Kraniche des Ibykus“, „Der Ring des Polykrates“ setzten antike Novellen um und vermittelten anschaulich antikes und zugleich humanes Lebensgefühl. In den „Ästhetischen Briefen“ (5 und 6) kontrastiert Schiller antike griechische und moderne Lebenshaltung, beklagt wie Rousseau die moderne Entfremdung, die nun freilich nicht durch Rückkehr zu den Alten überwunden werden kann, sondern eine energische Hinwendung zu neuen ästhetischen Formen erfordert (Dann).

Die Jahre 1788/1789 bildeten in mehrerer Hinsicht einen Kairos, einen geglückten Abschnitt von Schillers Auseinandersetzung mit der Antike und mit Plutarch. Er schreibt an Charlotte von Lengefeld, die Beschäftigung mit Plutarch erhebe ihn *„über diese platte Generation und mache uns zu Zeitgenossen einer besseren, kraftvolleren Menschenart“* (Fricke).

Wie überhaupt Plutarch den Dichter von Beginn seiner literarischen Tätigkeit an begleitet und angeregt hat. Diese intensive Lektüre der griechischen Literatur konvergiert mit seinen universalhistorischen Absichten, seiner Anstellung als Professor der Geschichte in Jena und mit den revolutionären Bewegungen in Paris. Der Sturm auf die Bastille am 14. Juli 1789 und die Vorlesung über die Gesetzgebung des Lykurg und Solon im August des gleichen Jahres lassen, wie mir scheint, keine unmittelbare Verknüpfung zu; aber Schiller zeigt doch sehr anschaulich, welche reformatorischen Vorstellungen gleichsam in der Luft lagen. Diese optimistische Hochstimmung im Hinblick auf den weiteren Gang der Weltgeschichte ändert sich bekanntlich mit der Radikalisierung der Französischen Revolution. Gleichzeitig verschlimmerte sich Schillers Gesundheitszustand, so dass ihn Herzog Karl August von seinen akademischen Verpflichtungen 1791 dispensierte. Damit trat seine produktive Tätigkeit als Historiker nicht ganz, aber doch weitgehend in den Hintergrund, eine Schaffensperiode, die zu Recht immer wieder Bewunderung hervorgerufen hat. In zeitgenössischen Rezensionen hatte man ihn mit Thukydides verglichen; *„was den literarischen Glanz seiner Darstellung betrifft“*, schreibt Rüdiger Safranski in seiner neuen Schillerbiographie, *„ist der Historiker Schiller bis heute unerreicht“*.

Dieser Kairos, der über den akademischen Vorlesungen des Jahres 1789 waltet, betrifft auch unsere zweite Bemerkung, den Gegensatz von einem vorgeblich lediglich ästhetischen Klassizismus in Deutschland und einem politischen Klassizismus in Frankreich: Eine ästhetische Orientierung an Griechenland, und das hieß vor allem Athen auf der einen, der deutschen - eine politische Orientierung

an Rom auf der französischen Seite, wobei daneben Sparta bei Rousseau und den Jakobinern bezeichnenderweise hohe Anerkennung fand.

Zur Untermauerung dieser politischen Absenz wird gerne Xenion 76 zitiert:

*„Zur Nation euch zu bilden, ihr hoffet es, Deutsche, vergebens,
bildet, ihr könnt es, dafür freier zu Menschen euch aus.“*

Schillers Vorlesung über die Gesetzgebung Lykurgs und Solons von 1789 lehrt etwas anderes: Nationenbildung, Verfassung, Gesetzgebung, Volkssouveränität und Demokratie, dies sind genuin griechische Schöpfungen von großer Exemplarität und zugleich Stufen, Trittsteine einer Weltgeschichte, die freilich das Stadium der Antike weit hinter sich gelassen hat. Und der Historiker erkennt sehr wohl, dass die politischen einer Rückkopplung an die sittlichen Zustände bedürfen und eine Verbindung, eine Nabelschnur zu dem besitzen, was er Volkscharakter nennt. So sieht es Schiller im Jahre 1789.

Und damit sind wir bei der dritten, abschließenden Bemerkung. Sie betrifft eben diesen Volkscharakter, die Stammesphysiognomie, die Schiller den Spartanern und den Athener zuspricht: die Spartaner – ein menschliches Horrorbild, die Athener, begabt mit einem anmutigen und produktiven Charakter, der ihre folgende glanzvolle Geschichte verständlich macht. Derlei Versuche einer Völkerphysiognomie zur Erklärung historischer, politischer und rechtlicher Zustände lassen sich im 18. Jahrhundert vielfach verfolgen. Montesquiues Geist der Gesetze, Voltaires „Essai sur l’histoire générale et sur les mœurs et l’esprit des nations“ von 1756, daneben Herders Konzeption des Volksgeistes boten für Schiller die vielleicht wichtigsten Anregungen.

Wie in einem Brennpunkt vereinigt und zentriert Schiller die bewegenden Ideen seiner Zeit, die dann nach ihm weiter wirken:

- Das durch Solon geprägte Athen als geistiger und doch auch ganz realer Ort der Klassik.
- Die Vision einer nationalen Verfassung, einer Konstitution, die der Menschheit den Weg weist.
- Eine in den Anfängen stehende Völker- bzw. Stammespsychologie, in welcher die historische Entwicklung gründet und sich im Recht und im Gesetz ausspricht.

Das Wort vom deutschen Plutarch, das Schiller für sich in einem Brief an Körner (26.11.1790) in Anspruch nimmt, hat im Nachhinein betrachtet seinen guten Sinn. Plutarch war, anders als Thukydides oder Tacitus, kein genuin historischer Denker; er komponiert das, was er vorfindet, zu eindrucksvollen Biographien großer Männer, die ihre Zeit prägen, und lässt dabei den humanen Hintergrund, die friedvolle hohe Kaiserzeit in seinen Biographien durchscheinen.

Plutarch hat mit seinen biographischen Entwürfen eine hohe Ausstrahlungskraft besessen. Und doch – dass Schiller sein antikes Vorbild an geistiger Weite, an Sprachgewalt und an Wirkung weit überragte, dies lässt sich nicht in Abrede stellen. Es ist eine ganz eigene Aneignung und Anverwandlung der Antike, die wie in den „Göttern Griechenlands“, in der „Gesetzgebung des Lykurg und des Solon“, schließlich in den „Ästhetischen Briefen“ vom antiken Ideal ausgehen, es bewusst hinter sich lassen, um neue gesellschaftliche und ästhetische Ufer zu gewinnen. Hierin liegt seine Originalität und seine Aktualität, die ihn zu einem anregenden Gesprächspartner für die heutige Zeit machen.

Bibliographische Hinweise

Zu Schiller allgemein und seinem Verhältnis zur Antike KOOPMANN, H., Hg., Schiller-Handbuch, Stuttgart 1998, darin FRICKE, W., Schiller und die Antike 91ff.; SAFRANSKI, R., Schiller oder die Erfindung des deutschen Idealismus, München-Wien 2004; MÜLLER-SEIDEL, W., Friedrich Schiller und die Politik, München 2009.

Zur neuzeitlichen Antikenrezeption (u.a. Winckelmann, Herder, Humboldt) FORNARO, S., in: Der Neue Pauly (DNP) 13, 1999, 792ff. s. v. Deutschland; NIPPEL, W., Antike oder moderne Freiheit? Die Begründung der Demokratie in Athen und in der Neuzeit, Frankfurt 2008; KRIPPENDORFF, E., Klassik-Rezeption als politisches Programm, in: HEILMEYER, W.D., Hg., Die griechische Klassik, Idee oder Wirklichkeit, Berlin 2002, 714ff.

Zur Universalgeschichte im 18. Jahrhundert DANN, O., Schiller, Universalhistorische Schriften, Frankfurt-Leipzig 1999; ders., Friedrich Schiller, Was heißt und zu welchem Ende studiert man Universalgeschichte, Stuttgart 2006.

Schillers historische Schriften in: Schillers Werke, Nationalausgabe (NA) XVII 1, Weimar 1970, darin: Die Gesetzgebung des Lykurgos und Solon, 415ff. (danach zitiert).

Zum Gegensatz Sparta-Athen SCHULZ, R., Athen und Sparta, Darmstadt 2005².

Zur Nachwirkung neben NIPPEL (s. o.) LOSEMANN, V., DNP XV 3, 2003, 153ff. s.v. Sparta. KLOFT, H., DNP XV 3, 2003, 92ff. s.v. Sozialismus (zu Lykurg).

Zur Verfassungsproblematik in der Neuzeit MOHNHAUPT, H., GRIMM, D., Geschichtliche Grundbegriffe VI, 1990, 831ff. s.v. Verfassung.

Bildnachweise

Solon (Relief von B. Putnam, 1950) und Lycurgus (Relief von C. Paul Jennewein, 1950) aus der Galerie berühmter Gesetzesgeber im Plenarsaal des amerikanischen Repräsentantenhauses, Washington (Bearbeitung P. Heinitz, Bremen).

Pflanzen auf dem Teller oder im Tank? – Potentiale der Biotreibstoffe*

THOMAS SCHEPER

Lange-Hop Straße 47B, D-30559 Hannover

Große Hoffnungen werden in die Möglichkeiten gesetzt, Biotreibstoffe aus Pflanzen zu gewinnen. Damit eröffnen sich Möglichkeiten, das Sonnenlicht über das Pflanzenwachstum letztendlich für Mobilität und Energiegewinnungszwecke zu verwenden. Diese Energiegewinnung scheint CO₂-neutral und so klimaneutral zu sein. Im Vortrag wurden die Potenziale der Biotreibstoffgewinnung aus Pflanzen näher beleuchtet, die Energieeffizienz diskutiert und auch die Frage Teller oder Tank? angesprochen.

* Kurzfassung des am 16.04.2010 vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehaltenen Vortrages.

Blick in die Welt der Polymere Kunststoff – Werkstoff des 21. Jahrhunderts

GUDRUN SCHMIDT-NAAKE

Institut für Technische Chemie, Technische Universität Clausthal
Erzstr. 18, D-38678 Clausthal-Zellerfeld

1. Einleitung

Wir haben uns an Kunststoffe gewöhnt, sie rosten oder korrodieren nicht, können bruchfest sein und dauerhaft eingefärbt werden. Für viele Anwendungsbereiche sind sie weitaus besser geeignet als Metalle, beispielsweise ist im Flugzeug- und Fahrzeugbau ihre Leichtigkeit von Vorteil, denn diese bewirkt unmittelbar eine Treibstoffeinsparung. Als Verpackungen sind Kunststoffe besonders gut geeignet, da sie luftdicht, transparent, unzerbrechlich und Chemikalien-resistent sind. Die Bauindustrie wurde durch Kunststoffe revolutioniert, sie verrotten nicht wie Holz, sie rosten nicht wie Eisen und sie brauchen keinen Schutzanstrich. In der Medizin erhöhen Kunststoffprodukte die Sicherheit, keimfreie Einwegspritzen, -schläuche und -beutel können nach Gebrauch ohne Infektionsrisiko verbrannt werden. Schließlich wäre die moderne Kommunikations- und Unterhaltungselektronik ohne Kunststoffe völlig undenkbar.

Weltweit werden ca. 300 Mio. t Kunststoffe produziert, davon allein in Deutschland ca. 8,5 % (17 Mio. t) und in der EU 26 %. Damit liegt die EU weltweit mit an vorderster Stelle.

Im Bereich der Materialentwicklung wird den Polymeren sowie den anorganisch-organischen Verbundmaterialien mit Polymeren das größte Innovationspotential zugesprochen. Dabei steht nicht die Entwicklung neuer Monomere, sondern die Modifizierung der Polymereigenschaften durch Veränderung der Katalysatoren, der Polymerisationsverfahren, der Lösungsmittel und der polymeranalogen Umsetzung reaktiver Polymere im Mittelpunkt.

Die radikalische Polymerisation ist bei der Produktion polymerer Werkstoffe die weitaus wichtigste Polymerisationsart. In den letzten Jahren hat sich eine

* Der Vortrag wurde am 10.07.2010 vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

Vielzahl kontrollierter radikalischer Polymerisationsmethoden, die zur Synthese sehr komplexer Polymerarchitekturen herangezogen werden können, sprunghaft entwickelt. Das Innovationspotential zur Materialentwicklung dieser neuartigen Polymerisationsmethoden, gekoppelt mit verschiedenen reaktionstechnischen Aspekten, wie Einsatz von speziellen Lösungsmitteln (z.B. CO₂, ionischen Flüssigkeiten (ILs)), von Miniemulsionspolymerisation zur Erzeugung von Nanopartikeln, von Ultraschall und Kombination verschiedener Polymerisationsarten ist sehr groß und erfordert noch hohen Forschungsaufwand.

Das Projekt „ILs – alternative Lösungsmittel in der radikalischen Polymerisation?“ wurde von uns im Rahmen des Europäischen Graduiertenkollegs der DFG „Microstructural Control in Free-Radical Polymerization“ (GRK 585, Laufzeit: 2000 bis 2009, TU Clausthal Sprecheruniversität, Sprecher: Prof. Dr. G. Schmidt-Naake) von Arbeitsgruppen der Universitäten Eindhoven, Amsterdam, Göttingen, Braunschweig, Potsdam und Clausthal im Forschungsschwerpunkt „Polymer Reaction Engineering“ besonders in Zusammenarbeit mit den Arbeitsgruppen von M. Buback (Göttingen) und S. Beuermann (Potsdam) bearbeitet.

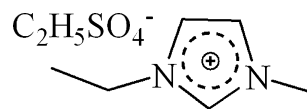
Im Folgenden möchte ich kurz über unsere Forschungsergebnisse berichten.

2. Radikalische Polymerisation in ionischen Flüssigkeiten

2.1. Einführung

In den letzten Jahren sind interessante Veröffentlichungen erschienen, die sich mit der radikalischen Polymerisation in ionischen Flüssigkeiten beschäftigen. Die Arbeiten von Kubisa [1] und Lu et al. [2] geben einen guten Überblick über Polymerisationsreaktionen in ILs. Die Ergebnisse aus unserem Arbeitskreis sind in den kürzlich abgeschlossenen Dissertationen von O. Knöpfelmacher [3], I. Woecht [4], A. Schmalfuß [5] und T. Glück [6] und den Publikationen [7,13,17-22] zusammengefasst.

Ionische Flüssigkeiten (Ionic liquids = IL) sind eine neue Klasse von Lösungsmitteln, die ausschließlich aus Ionen bestehen. Der Schmelzpunkt der ILs liegt deutlich unter 100°C – oftmals sind sie in Abhängigkeit von den beteiligten Ionen bereits bei Raumtemperatur (RTIL) flüssig. Die ILs bestehen meist aus einem voluminösen organischen Kation und einem komplexen Gegenion. Ein Vorteil der ILs ist die große Variationsbreite ihrer Eigenschaften, die sich durch Kombination verschiedener Anionen und Kationen ergeben. Die wichtigsten Kationentypen für ILs sind Imidazolium-, Pyridinium-, Ammonium- und Phosphoniumionen. Als Anionen werden meist das Hexafluorophosphation PF₆⁻ und das Tetrafluoroboration BF₄⁻ eingesetzt.



Schema 1. 1-Ethyl-3-methylimidazoliummethylsulfat ([EMIM]EtSO₄).

Die ILs zeichnen sich durch außerordentliche Lösungseigenschaften aus, was zur Erhöhung von Reaktivität und Selektivität führen kann. Zahlreiche Untersuchungen zeigten, dass ILs bei vielen Reaktionen als Ersatz für herkömmliche organische Lösungsmittel dienen können, z.B. für katalytische Umsetzungen. ILs weisen einige charakteristische chemische und physikalische Eigenschaften wie hohe Polarität, hohe thermische Stabilität, flüssig über großen thermischen Bereich, sehr unterschiedliche Wasserlöslichkeit und unterhalb der Zersetzungstemperatur keinen messbaren Dampfdruck auf.

Bei der radikalischen Polymerisation von polaren, in ILs löslichen Monomeren wird ein außerordentlich großer Lösungsmittelleffekt beobachtet. Der Lösungsmiteinfluss der ILs verursacht eine starke Erhöhung der Polymerisationsgeschwindigkeit und sehr hohe, meist breit verteilte Molmassen.

Zielstellung unserer Arbeiten war die Untersuchung des Lösungsmiteinflusses von ILs auf Homo- und Copolymerisationen, vorrangig von Acceptor- (Acrylnitril (AN), N-Phenylmaleimid (NPI), Maleinsäureanhydrid (MSA)), Donor- (Styrol (S), Stilben (Stb)) und Neutralmonomeren (Methylmethacrylat (MMA), Glycidylmethacrylat (GMA), Hydroxypropylmethacrylat (HPMA)). Für MMA und GMA wurden die Wachstumskonstanten k_p bestimmt. Weiterhin wurde geprüft, wie die Erhöhung der Polymerisationsgeschwindigkeit, die Molmassen und die rheologischen Eigenschaften durch Variation der Viskosität des Lösungsmittels und durch Mikrowellenstrahlen beeinflusst werden. Die Viskosität des Lösungsmittels ist von der IL-Konzentration und der Reaktionstemperatur abhängig.

In der vorliegenden Arbeit wird meist die ionische Flüssigkeit [EMIM]EtSO₄ (vgl. Schema 1) eingesetzt, da sie in größeren Produktmengen durch ihre industrielle Herstellung verfügbar und die toxikologische Unbedenklichkeit nachgewiesen ist [23].

2.2. Geschwindigkeitskonstante: k_p

Von uns [4,7], von Haddleton et al. [8] und Beuermann et al. [9,10] wurden Wachstumsgeschwindigkeitskonstanten k_p mit Hilfe der PLP-SEC-Methode (pulsed laser initiated polymerization) in Kombination mit der Größen-

Tabelle 1. Geschwindigkeitskonstanten der Wachstumsreaktion (k_p) und Aktivierungsenergien (EA) der Polymerisationen von MMA und GMA in Masse und verschiedenen ILs bei 60°C.

Monomer	Lösungsmittel	c_{MMA} [vol.-%]	EA [kJ/mol]	k_p [L·mol ⁻¹ ·s ⁻¹]
MMA	[BMIM]PF ₆	20	18,1	2760 [7]
	[BMIM]BF ₄			
MMA	[BMIM]PF ₆	50	20,4	1583 [8]
MMA	[BMIM]PF ₆	80	21,0	1071 [8]
MMA	[BMIM]OctSO ₄	22	22,1	1851 [9,10]
MMA	[HMIM]Cl	22	21,6	2669 [9,10]
MMA	in Masse	100	22,4	831 [11]
GMA	[BMIM]BF ₄			
	[EMIM]EtSO ₄	20	19,5	3242 [7]
GMA	in Masse	100	22,9	1592 [12]

ausschluss-Chromatographie (size exclusion chromatography) bestimmt. Dabei wurden für radikalische Polymerisationen in ILs größere Wachstums geschwindigkeitskonstanten als für die Massepolymerisation ermittelt. Es wurden sowohl die IL-Konzentration als auch die Anionen der ILs variiert. Tabelle 1 fasst die k_p -Werte sowie die Aktivierungsenergien für die Polymerisationen von MMA und GMA in Imidazolium-basierten ILs bei 60°C zusammen. Die für die Polymerisation in den ILs ermittelten Aktivierungsenergien sind dabei immer kleiner als die der Massepolymerisation (vgl. Tabelle 1).

Für GMA wurden bei 60°C doppelt so hohe k_p -Werte in [BMIM]BF₄ und [EMIM]EtSO₄, für MMA sogar viermal so hohe k_p -Werte in [EMIM]EtSO₄, [BMIM]BF₄ und [BMIM]PF₆ gegenüber der Massepolymerisation ermittelt. Dieses kann damit erklärt werden, dass GMA polarer als MMA ist und somit auch bei der Massepolymerisation bereits einen höheren k_p -Wert als MMA aufweist. Dies zeigt, dass die Polarität des untersuchten Monomers einen deutlichen Einfluss auf die Erhöhung von k_p durch die IL hat. Auch die Struktur bzw. die Polarität der IL übt einen Einfluss aus. So ist der k_p -Wert für MMA bei 40°C in [EMIM] EtSO₄ größer als in 1-Ethyl-3-ethylimidazoliumhexylsulfat ([EMIM] HexSO₄) und in 1-Ethyl-3-ethylimidazoliumbis(trifluormethyl-sulfonyl)imid ([EMIM]NTf₂). Neben den Polaritäten von Monomer und IL beeinflusst auch die IL-Konzentration den Wert der Wachstumsgeschwindigkeitskonstante. Wie von Haddleton et al. [8] und erweitert von uns [7] gezeigt werden konnte, steigt der Wert von k_p mit zunehmender IL-Konzentration.

Tabelle 2. Abbruchgeschwindigkeitskonstanten (k_t) [16] bei 10°C für die MMA-d8-Polymerisation in den ILs [BMIM][BF₄] und [EMIM][NTf₂], Monomerkonzentration 15 vol.-% sowie Massepolymerisation, k_t wurde für die Kettenlängenbereiche von 1-100 und 1-165 Monomereinheiten bestimmt [14,15].

Lösungsmittel	$k_t(1-100)$ [L·mol ⁻¹ ·s ⁻¹]	$k_t(1-165)$ [L·mol ⁻¹ ·s ⁻¹]
[BMIM][BF ₄]	$(2,4 \pm 0,1) \cdot 10^6$	$(1,7 \pm 0,1) \cdot 10^6$
[EMIM][NTf ₂]	$(7,2 \pm 0,1) \cdot 10^6$	$(5,4 \pm 0,1) \cdot 10^6$
in Masse [187]	2·107	

2.3. Geschwindigkeitskonstante: k_t

In [8] konnte mit PLP-SEC-Messungen gezeigt werden, dass auch die Werte der Abbruchgeschwindigkeitskonstante k_t von der IL [BMIM]PF₆ beeinflusst werden. Sie nehmen mit zunehmender IL-Konzentration, d.h. zunehmender Viskosität ab. Untersuchungen mit SP-PLP-ESR (eine durch einen einzigen Laserpuls initiierte pulsed laser polymerization in Kombination mit der ESR-Spektroskopie) in unserem Arbeitskreis in Kooperation mit dem Arbeitskreis M. Buback haben gezeigt, dass in [BMIM]BF₄ der k_t -Wert für MMA-d8 um den Faktor 10 und in [EMIM]NTf₂ um den Faktor 4 kleiner als in Masse [13] ist.

Dieses Verhalten kann mit einer eingeschränkten Diffusion der wachsenden Ketten aufgrund der hohen Viskosität der ILs erklärt werden, d.h. mit zunehmender Viskosität der Reaktionslösung sinkt die Wahrscheinlichkeit für Abbruchreaktionen.

2.4. Spezifische Wechselwirkungen: FTIR

Die beobachtete Erhöhung der Wachstumsgeschwindigkeitskonstante k_p infolge einer Reduzierung der Aktivierungsenergie bei Polymerisationen in ILs konnten wir durch spezifische Wechselwirkungen über Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den ILs, den Monomeren und den Kettenenden der wachsenden Polymerketten erklären. Wechselwirkungen zwischen ILs und MMA- bzw. GMA-Monomeren können durch eine Verschiebung der C=O-Valenzschwingung im FTIR-Spektrum zu kürzeren Wellenzahlen beobachtet werden, wenn MMA und GMA in verschiedenen ILs gelöst werden [4,7].

Die Absorption-Peakmaxima werden nach kürzeren Wellenzahlen verschoben. Die Verschiebung der $\nu_{\max}(\text{C=O})$ ist das Ergebnis polarer Wechselwirkungen (wie Wasserstoffbrückenbindungen) mit den ILs und kann direkt mit der Erhö-

Tabelle 3. Mit FTIR bestimmte Peakmaxima der $\nu_{\max}(\text{C=O})$ -Schwingungen von MMA und GMA gelöst in unterschiedlichen ILs und in Masse bei Raumtemperatur.

IL	IL-Anteil [vol.-%]	$\nu_{\max}(\text{C=O})$ MMA [cm ⁻¹]	$\nu_{\max}(\text{C=O})$ GMA [cm ⁻¹]
[EMIM][HexSO ₄]	90	1722	1720
[EMIM][EtSO ₄]	90	1719	1718
[BMIM][PF ₆]	90	1719	1718
[BMIM][BF ₄]	90	1719	1718
in Masse	-	1726	1721

hung von k_p und der Erniedrigung von EA korreliert werden. Die Differenz (5 cm⁻¹) in den $\nu_{\max}(\text{C=O})$ -Werten der reinen Monomere MMA (1726 cm⁻¹) und GMA (1721 cm⁻¹) quantifiziert die höhere Polarität von GMA, was sich auch in den k_p -Werten widerspiegelt.

Mit Hilfe der ESR-Spektroskopie können Wechselwirkungen zwischen Radikalen und ILs nachgewiesen werden. Dabei spiegelt sich die Stärke der Wechselwirkungen in der Linienverbreiterung der ESR-Spektren wieder [13]. Eine solche Verbreiterung wurde von uns auch für MMA-Lösungen in [BMIM]BF₄ und [EMIM]EtSO₄ beobachtet. Auch Strehmel et al. [16] konnten derartige Verbreiterungen im ESR-Spektrum beobachten und führten diese auf polare Wechselwirkungen zwischen Radikalen und Lösungsmittel sowie auf die erhöhte Viskosität der ILs zurück. Bei den beobachteten Wechselwirkungen handelt es sich vermutlich um Wasserstoffbrückenbindungen. Neben der Linienverbreiterung konnte von uns [4,13] im Fall der MMA-Polymerisation in [EMIM]NTf₂ und [EMIM]EtSO₄ eine deutlich höhere ESR-Intensität beobachtet werden als bei der Massepolymerisation von MMA-d₈. Daraus lässt sich schließen, dass die Radikalkonzentration in der IL-Lösung sehr viel höher zu sein scheint als in Masse. Diese Erhöhung der Radikalkonzentration lässt sich durch die deutliche Erhöhung der Viskosität erklären.

2.5. Spezifische Wechselwirkungen: Simulation

Die intermolekulare Wechselwirkung zwischen den Monomeren und den ILs wurde von uns [3] auch mit Monte-Carlo- und dynamischen Simulationen, die einen für die betrachteten ILs erweiterten MMFF94-Kraftfeldansatz anwenden, untersucht. Die Wechselwirkungen der Monomere mit den ILs beruhen auf zahlreichen Wasserstoffbrücken, deren Koordination von der chemischen

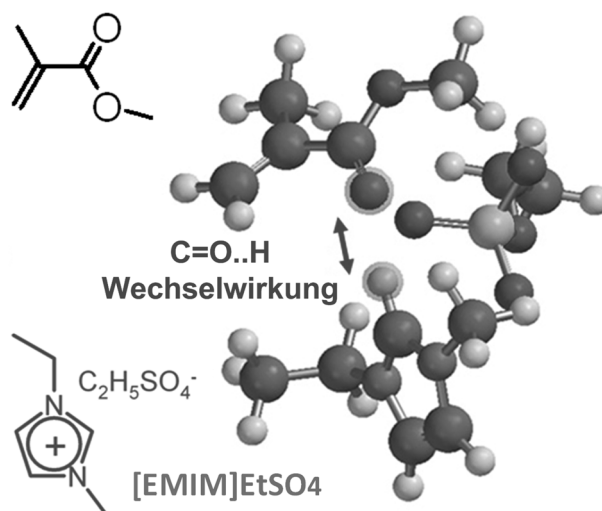


Abb. 1. Energetisch günstigste Struktur für MMA-Monomer und [EMIM][EtSO₄].

Struktur der Monomere abhängig ist. Für die Methacrylat-Monomere (MMA, GMA, HPMA) wurden mit [EMIM]EtSO₄ zwei Typen dieser Wechselwirkungen ermittelt: i) zwischen der C=O-Gruppe und den Protonen des Kations; ii) zwischen den Protonen des Monomers und der SO₃-Gruppe des Anions. Die Wechselwirkung i) bewirkt eine Verschiebung der C=O-Schwingung im FTIR-Spektrum, die experimentell (vgl. Tab. 3) nachgewiesen wurde. Die radiale Dichteverteilungsfunktions-Analyse, die aus dynamischen Simulationen von Monomer und IL-Lösungen ermittelt wurde, indiziert, dass der Typ ii) häufiger als Typ i) ist. Die Wasserstoffbrücken des Typs i) wurden auch für die Carbonylgruppe des NPI beobachtet. Die Wechselwirkung des NPI und S mit den Anionen ist wenig ausgeprägt. Bei Styrol fehlt eine polare Gruppe, die eine spezifische Wechselwirkung mit Kationen vermitteln könnte. Styrol interagiert vorwiegend mit dem Anion (SO₃-Gruppe). Acrylonitril hat über das Stickstoffatom eine Wechselwirkung mit den Kation und spezifische Wechselwirkungen zu dem Anion. Abb. 1 zeigt beispielhaft für MMA in [EMIM][EtSO₄] die berechnete energetisch günstigste Struktur. Der Abstand des Sauerstoffatoms in der C=O-Gruppe im MMA zum Wasserstoffatom im Imidazolium-Kation liegt im Bereich von 1,9 bis 2,3 Å. Neben dieser Lewis-säure-Wechselwirkung zwischen der C=O-Gruppe und dem erweiterten Imidazolium-Ring wurden auch zahlreiche Wechselwirkungen zwischen der SO₃-Gruppe und den Wasserstoffatomen des MMA-Moleküls nachgewiesen, die einen interatomaren Abstand von 2,3 bis 2,5 Å aufweisen.

2.6. Reduzierung der spezifischen Wechselwirkungen

Die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen Monomer und wachsenden Ketten mit der IL lassen sich durch Polymerisation im Mikrowellenfeld, durch Austausch der Protonen des Kations durch eine Methylgruppe und durch Reduzierung der Viskosität erniedrigen. Die Reduzierung der Viskosität kann durch Verwendung von Lösungsmittelgemischen oder durch erhöhte Reaktionstemperaturen erreicht werden.

Mikrowellenunterstützte Polymerisation in ILs

Die Verwendung von Mikrowellenreaktoren gewährleistet eine gute Kontrolle der Reaktionsparameter, wie z.B. Druck und Temperatur. ILs zeigen aufgrund ihrer hohen Polarität eine sehr gute Mikrowellenabsorption. Die Wechselwirkung von Mikrowellen mit polaren Stoffen (hier ILs) beruht darauf, dass die Moleküle sich im angelegten elektrischen Feld ausrichten. Diese starke Wechselwirkung der Mikrowellenstrahlung mit den ILs reduziert die Wasserstoffbrückenbindungen zu den Monomeren und Radikalkettenenden, was zur Erniedrigung der Wachstumskonstanten k_p führt. Alle unsere Polymerisationen in ILs [6, 19] im Mikrowellenfeld bei Variation der Comonomere, der Temperatur, der ILs und der Initiatoren zeigen eine geringere Polymerisationsgeschwindigkeit, als Folge der Reduzierung der spezifischen Wechselwirkungen zwischen der IL, den Monomeren und Polymerradikalen. Erwartungsgemäß wurden nahezu unveränderte sehr hohe Molmassen gefunden, da k_t bei gleichbleibender Viskosität zu vergleichbaren Molmassen führt.

Einfluss der IL-Konzentration

Zur Variation der IL-Konzentration wird für die Polymerisation ein [EMIM][EtSO₄]/Dimethylformamid-Lösungsmittelgemisch (IL/DMF) eingesetzt.

Die Reduzierung der IL-Konzentration führt sowohl zur Verringerung der Wasserstoffbrückenbindungen (Konzentrationseffekt) und damit der k_p -Werte als auch der Viskosität. Die Reduzierung der Viskosität bewirkt geringere Molmassen, da die Abbruchgeschwindigkeit k_t anwächst. Wie erwartet, vergrößert sich die Kettenlänge einerseits durch die k_p -Erhöhung bei steigendem IL-Anteil des Lösungsmittels und andererseits durch die Abnahme der Abbruchreaktionen (k_t -Reduzierung) bei ansteigender Viskosität. Die Verwendung von verdünnten IL-Lösungen erniedrigt aber sehr schnell den Lösungsmiteleinfluss der IL auf die Polymerisation, d.h. Polymerisationsgeschwindigkeit und Molmassen sinken schnell ab infolge der drastischen Reduzierung der Wasserstoffbrückenbindungen und der sinkenden Viskosität.

Einfluss der Temperatur

Die Viskosität der als Lösungsmittel eingesetzten IL kann auch durch Temperaturerhöhung stark reduziert werden. Die Viskosität von [EMIM]EtSO₄ wurde in

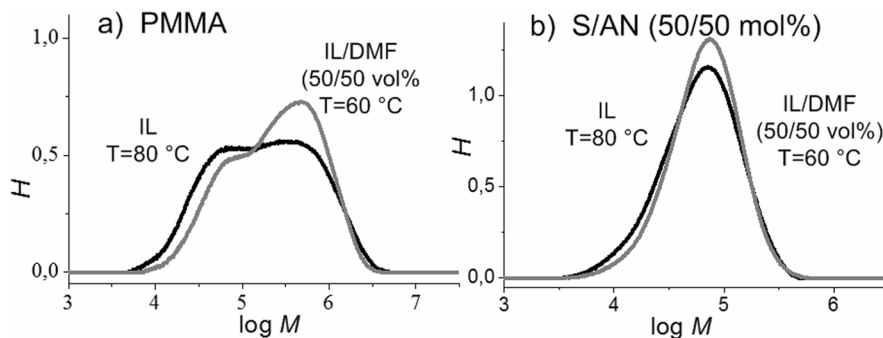


Abb. 2. Vergleich der Molmassenverteilungen von Polymeren, die im IL/DMF-Gemisch bzw. bei erhöhter Temperatur in reiner IL bei gleicher Viskosität des Lösungsmittels synthetisiert wurden. a) MMA-Polymerisation in [EMIM]EtSO₄ (T = 80°C: X = 96 %) und [EMIM]EtSO₄/DMF (50/50 vol-%; T = 60°C: X = 78 %); b) S/AN(50/50 mol%)-Copolymerisation in [EMIM]EtSO₄ (T = 80°C: X = 76 %) und [EMIM]EtSO₄/DMF (50/50 vol-%; T = 60°C: X = 16 %).

Abhängigkeit von der Temperatur experimentell bestimmt. Die ermittelte Arrhenius-Andrade-Gleichung lautet $\eta = -8,38 + 3766/T$. Mit steigender Temperatur wächst die Radikalkonzentration und somit der Umsatz. Die k_p -Differenz zwischen IL und DMF verringert sich geringfügig mit der Temperatur, da von uns für die IL eine geringere Aktivierungsenergie $E_A(k_p)$ von 4,3 kJ·mol⁻¹ ([MMA] = 20 vol-% in der IL) gegenüber der MMA-Substanzpolymerisation gefunden wurde [4]. Mit den in Tab. 3 gegebenen Konstanten für MMA heißt das z.B. bei 60°C ist $k_p = 2759 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ in der IL, d.h. um den Faktor 4,7 gegenüber der Substanzpolymerisation erhöht und bei 80°C ist $k_p = 3995 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, das entspricht nur noch 4,3-facher Erhöhung. Schon beim Start der MMA-Polymerisation besonders bei 60°C ist die Viskosität hoch und somit sehr klein, daher entstehen sehr lange Polymerketten. Mit steigendem Umsatz bilden k_t die hochmolekularen Ketten Verhakungsnetzwerke, die zunehmend die freie Bewegung der Monomere einschränken. Die Diffusionskontrolle der Abbruchreaktion wird durch die diffusionskontrollierte Wachstumsreaktion überlagert. Beim Grenzumsatz erstarrt das System.

Interessant ist die Frage, wie sich die Molmassenverteilungen unterscheiden, wenn nahezu die gleiche Viskosität des Lösungsmittels (IL) einerseits durch Verdünnung der IL mit DMF und andererseits durch Temperaturerhöhung eingestellt wird. Für die MMA-Polymerisation sind in Abb. 2a) und für S/AN (50/50 mol%) in Abb. 2b) die Molmassenverteilungen der Polymerisation im Lösungsmittelgemisch 50/50 vol-% ([EMIM]EtSO₄)/DMF bei der Reaktionstemperatur von 60°C verglichen mit den Werten der Polymerisation bei ~80°C in der reinen IL als Lösungsmittel. Die Molmassenverteilungen der MMA-

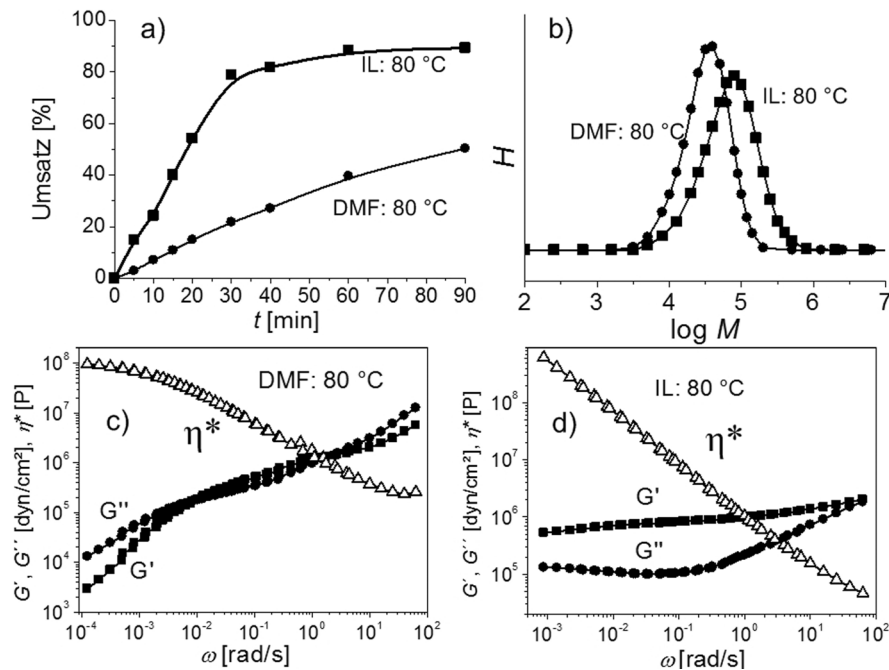


Abb. 3. Copolymerisation von S/AN (50/50 mol%) bei 80°C in den Lösungsmitteln DMF bzw. [EMIM]EtSO₄. a) Umsatz-Zeit-Verhalten, b) Molmassenverteilung nach 90 min, Umsatz(IL) = 88,3%, Umsatz(DMF) = 50,3%; Speichermodul G', Verlustmodul G'' und komplexe Viskosität η^* in Abhängigkeit von der Frequenz ω , c) Copolymerisat aus DMF, d) Copolymerisat aus [EMIM]EtSO₄, Temperaturbereich: 125-165°C, Referenztemperatur 125°C.

sowie auch der SAN-Polymerisationen unterscheiden sich nicht wesentlich, d.h. die Viskosität und damit k_t sind für die Entwicklung der Molmassen verantwortlich.

2.7. Zusammenfassung

Der Einfluss der ILs als Lösungsmittel in der radikalischen Polymerisation wird nur bei Löslichkeit des Monomers in der IL und dem Einsatz polarer Monomere wirksam. Der Lösungsmiteleinfluss zeigt sich durch starke Erhöhung der Polymerisationsgeschwindigkeit und die sehr hohen, meist breit verteilten Molmassen. Für die Erhöhung der Wachstumskonstanten sind Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Monomeren, den wachsenden Radikalketten

und dem Kation sowie dem Anion der IL verantwortlich. Im Mikrowellenfeld können diese spezifischen Wechselwirkungen gestört werden. Dadurch sinkt der Einfluß der IL auf die radikalische Polymerisation. Die hohe Viskosität der IL sowie die steigende Viskosität im Reaktionsverlauf und damit mögliche Mikroheterogenitäten sind für die hohen Molmassen und meist hohen Polydispersitäten verantwortlich.

Im Ergebnis dieser Untersuchungen kann man feststellen, dass die beste Möglichkeit zur Nutzung von ILs als Lösungsmittel in der radikalischen Polymerisation die Beschleunigung der Reaktionsgeschwindigkeit bei erhöhter Temperatur ist. Bei einer Reaktionstemperatur von 80°C werden in ca. 20 min Grenzumsätze von ~90 % bei etwa einer Verdopplung der Molmassen im Vergleich zur Polymerisation in organischen Lösungsmitteln erreicht. Abb. 3a) zeigt am Beispiel der S/AN(50/50 mol%)-Copolymerisation den zeitabhängigen Umsatzverlauf bei Verwendung von [EMIM]EtSO₄ und DMF als Lösungsmittel bei einer Reaktionstemperatur von 80°C. Die Molmassenverteilungen nach 90 min mit Umsätzen von 88,3 % in der IL und 50,3 % in DMF sind in Abb. 3b) dargestellt. Die Copolymerzusammensetzung entspricht in beiden Lösungsmitteln mit ~45 mol% AN-Anteil nahezu dem Azeotrop (S/AN (61.5/38.5 mol%)). Die Abbildungen 3c,d dokumentieren das unterschiedliche rheologische Verhalten der Copolymere, die sich nur im Lösungsmittel bei der Polymerherstellung und somit wesentlich in den Molmassen unterscheiden. Speicher- (G') und Verlustmodul (G'') des in der IL hergestellten Copolymers sind nahezu unabhängig von der Frequenz, was durch die Verhakung der langen Ketten erklärbar ist.

Literatur

- [1] KUBISA, P.: Prog. Polym. Sci. 2004, 29, 3; J. Polym. Sci.: Part A: Polym. Chem. 2005, 43, 4675.
- [2] LU, J., F. YAN & J. TEXTER: Prog. Polym. Sci. 2009, 16, 4281.
- [3] KNÖPFELMACHER, O.: Dissertation, TU Clausthal 2008.
- [4] WOECHT, I.: Dissertation, TU Clausthal 2009.
- [5] SCHMALFUß, A.: Dissertation, TU Clausthal 2010.
- [6] GLÜCK, T.: Dissertation, TU Clausthal 2010.
- [7] WOECHT, I., G. SCHMIDT-NAAKE, S. BEUERMANN, M. BUBACK & N. GARCÍA: J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem. 2007, 46, 1460.
- [8] HARRISON, S., S.R. MACKENZIE & D.M. HADDLETON: Chem. Commun. 2002, 23, 2850; Macromolecules 2003, 36, 5072-5075.

- [9] JELICIC, A., S. BEUERMANN & N. GARCÍA: Poster (International Symposium "Microstructural Control in Free-Radical Polymerization") 2008; *Macromolecules* 2009, 42, 5062.
- [10] BEUERMANN, S.: *Macromol. Rapid Commun.* 2009, 30, 1066.
- [11] BEUERMANN, S., M. BUBACK, T.P. DAVIS, R.G. GILBERT, R.A. HUTCHINSON, O.F. OLAJ, G.T. RUSSELL, J. SCHWEER & A.M. VAN HERK: *Macromol. Chem. Phys.* 1997, 198, 1545.
- [12] BEUERMANN, S., M. BUBACK, T.P. DAVIS, N. GARCÍA, R.G. GILBERT, R.A. HUTCHINSON, A. KAJIWARA, M. KAMACHI, I. LACÍK & G.T. RUSSELL: *Macromol. Chem. Phys.* 2003, 204, 1338.
- [13] BARTH, J., M. BUBACK, G. SCHMIDT-NAAKE & I. WOECHT: *Polymer* 2009, 50, 5708.
- [14] BARBIR, F. & S. YAZICI: *Int. J. Energy Res.* 2008, 32, 369-378.
- [15] EBERLE, U., M. FELDERHOFF & F. SCHÜTH: *Angew. Chem.* 2009, 121, 6732-6757.
- [16] STOESSER, R., W. HERRMANN, A. ZEHL, V. STREHMEL & A. LASCHEWSKY: *Chem. Phys. Chem.* 2006, 7, 1106; *Z. Phys. Chem.* 2006, 220, 1309.
- [17] SCHMIDT-NAAKE, G., I. WOECHT & A. SCHMALFUß : *Chem. Ing. Techn.* 2009, 81, 459-469.
- [18] SCHMIDT-NAAKE, G., I. WOECHT, A. SCHMALFUß & T. GLÜCK: *Macromol. Symp.* 2009, 275-276, 204-218.
- [19] GLÜCK, T., I. WOECHT, A. SCHMALFUß & G. SCHMIDT-NAAKE, *Macromol. Symp.* 2009, 275-276, 230-241.
- [20] SCHMIDT-NAAKE, G., I. WOECHT & A. SCHMALFUß : *Macromol. Symp.* 2007, 259, 226-235.
- [21] WOECHT, I. & G. SCHMIDT-NAAKE: *e-polymers* 2007, 100.
- [22] WOECHT, I. & G. SCHMIDT-NAAKE: *Macromol. Symp.* 2009, 275-276, 219-229.

Der Zionismus – Entstehung, Grundgedanken, Gegenwartsbedeutung – *

Zum 150. Geburtstag von Theodor Herzl

GUNTHER KÜHNE

Geheimrat-Ebert-Str. 14, D-38640 Goslar

I. Einleitung

Am 02. Mai des Jahres 1860, also vor 150 Jahren, wurde in Pest, einem Teil des heutigen Budapest, ein Junge mit dem ungarischen Namen *Herzl Tivadar* als Sohn assimilierter deutschsprachiger jüdischer Eltern geboren. Dieser Junge, der sich später *Theodor Herzl* nannte, sollte gegen Ende des 19. Jahrhunderts die Gründerfigur des Zionismus und damit einer Bewegung werden, die in direktem ursächlichem Zusammenhang mit dem wohl kompliziertesten weltpolitischen Konflikt steht, der uns heute tagtäglich in den Medien begegnet und beschäftigt – dem Nahost-Konflikt oder – genauer – dem Verhältnis des Staates Israel zu seinen arabischen Nachbarn.¹ Unter den vielen Ismen, die das 19. und das frühe 20. Jahrhundert hervorgebracht haben, fällt der Zionismus, also die Bewegung zur Wiederbegründung eines völkerrechtlich anerkannten jüdischen Gemeinwesens nach zweitausendjähriger Zerstreuung, u.a. dadurch auf, daß ihm mit der Gründung des Staates Israel im Jahre 1948 ein welthistorisch wohl einmaliger Erfolg beschieden wurde.

Im Gegensatz zu dieser positiven Besetzung des Begriffes „Zionismus“ steht jedoch die Tatsache, daß er in der weltpolitischen Auseinandersetzung der letzten Jahrzehnte überwiegend für einen Inbegriff des Bösen steht. Zu erinnern ist in diesem Zusammenhang an den Beschluß der UN-Generalversammlung von November 1975², in der der Zionismus als eine Form des Rassismus gebrand-

* Überarbeitete und durch Fußnoten ergänzte Fassung des am 08.10.2010 vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehaltenen Vortrages.

¹ Theodor Herzl starb im Jahre 1904 und wurde auf dem Döblinger Friedhof in Wien beigesetzt. Nach der Gründung des Staates Israel im Jahre 1948 wurden seine sterblichen Überreste nach Jerusalem überführt und dort auf dem Herzl-Berg bestattet.

² Beschluß 3379 vom 10.11.1975.

markt wurde. Die Beschlußlage wurde allerdings durch Rücknahme dieser Aussage im Jahre 1991³ wieder geändert. Seit einigen Jahren haben die Drohungen des iranischen Staatschefs Ahmadinejad, Israel als Hort des Zionismus zu vernichten, dessen Existenz und politischen Gehalt international erneut an den Pranger gestellt.

Ganz unabhängig von solch einseitiger Polemik liefern der Zionismus und die Beschäftigung mit ihm über die sich in der Entstehung Israels dokumentierende historische Wirkmächtigkeit hinaus auch Elemente der Erklärung für die Einordnung des gegenwärtigen Nahostkonflikts. Was hat es also – 150 Jahre nach der Geburt und gut 100 Jahre nach dem Tode seines Begründers – mit dem Zionismus auf sich?

II. Entstehungsursachen des Zionismus im 19. Jahrhundert

Der moderne Zionismus verdankt seine Entstehung im 19. Jahrhundert im wesentlichen drei Ursachensträngen: einem spezifisch jüdisch-religiösen Entwicklungspfad, nämlich der Bindung des jüdischen Volkes an das historische Land Israel (Erez Israel) sowie zwei exogenen Faktoren: zum einen den z.T. bedrückenden Lebensbedingungen der jüdischen Bevölkerung insbesondere in Osteuropa sowie zum anderen dem europäischen Nationalstaatsdenken des 19. Jahrhunderts.

– Die religiöse *Bindung des jüdischen Volkes an das Land Israel* ist durch die Bibel bezeugt.⁴ Die Bindung an das Land Israel hatte in antiker Zeit immerhin bereits eine Vertreibung siegreich überstanden: Das Babylonische Exil nach der Zerstörung des Ersten Tempels in Jerusalem durch Nebukadnezar im Jahre 586 v.Ch. mit nachfolgender Rückkehr und Errichtung des Zweiten Tempels auf dem Zionsberg um 515 vor Chr. Im übrigen ist die territoriale Bindung nicht nur in der Bibel bezeugt, sondern von jeher auch im Bewußtsein breiter jüdischer Bevölkerungskreise präsent: Erinnert sei nur an Textstellen in der zu jedem Pessachfest in häuslichem Kreise verlesenen Geschichte des Auszuges der Israeliten aus Ägypten: „Dieses Jahr hier, kommendes Jahr in Israel“, oder an anderer Stelle: „Nächstes Jahr in Jerusalem“.⁵ Unter dem Gesichtspunkt der Landverbundenheit zu bedenken ist schließlich, daß Palästina im Zeitraum zwischen

³ Beschluß 4686 vom 16.12.1991.

⁴ Genesis 12, 1: „Und der Herr sprach zu Abraham: „Geh aus Deinem Vaterland und von Deiner Verwandtschaft und Deines Vaters Hause in ein Land, das ich Dir zeigen will“.

⁵ Die Textstellen entstammen der Haggada, der volkstümlichen Pessach-Erzählung über den Auszug der Israeliten aus Ägypten, die traditionsgemäß am Seder-Abend (1. u. 2. Pessach-Abend) in jüdischen Familien verlesen wird.

der Zerstörung des 2. Tempels durch die Römer im Jahre 70 n. Chr. bis in das 19. Jahrhundert keineswegs frei von Juden war. Während des weit überwiegenden Teils dieser Zwischenzeit gab es eine jüdische Präsenz in Form kleinerer Gemeinden in Jerusalem und Galiläa. Insbesondere seit dem späten Mittelalter ließen sich zahlreiche jüdische Gelehrte aus Osteuropa und dem Mittelmeerraum in Palästina nieder. Im 16. Jahrhundert wurde Safed (Zefat) ein Zentrum der Kabbala, der mystischen Richtung innerhalb der Strömungen des Judentums.⁶

– Eine zweite wesentliche Hauptquelle für das Aufkommen und das Wachsen zionistischer Bestrebungen waren die *bedrückenden Lebensbedingungen* der zumeist armen jüdischen Massen in Osteuropa, insbesondere in Rußland, das sich im 19. Jahrhundert bekanntlich über weite Teile Polens erstreckte. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts lebten ca. zwei Drittel der jüdischen Weltbevölkerung von etwa 10 Mio. in den Gebieten des heutigen Polens, Rußlands, Weißrußlands und der Ukraine. Besondere Schärfe und Gewalttätigkeit nahm die anti-jüdische Entwicklung im zaristischen Rußland nach der Ermordung von Zar Alexander dem II. im Jahre 1881 an. Aus diesen sozialen Vorbedingungen ergab sich Ende des 19. Jahrhunderts eine gewisse Nähe zionistischer und sozial-revolutionärer Strömungen.

– Als dritter Entstehungsfaktor des Zionismus muß schließlich der das 19. Jahrhundert historisch beherrschende *Nationalstaatsgedanke* betrachtet werden. Wenn es ein historisches Anliegen des 19. Jahrhunderts war, den Volksgeist (*Hegel*) in einer jeweils eigenen Staatlichkeit zur Entfaltung zu bringen, so konnte diese politisch-ideengeschichtliche Grundwelle ihre Anziehungskraft auf einzelne Teile der jüdischen Bevölkerung nicht verfehlen. Die Idee der Wiederherstellung eines eigenen jüdischen Gemeinwesens fand daher bei einigen jüdischen Intellektuellen in ausdrücklicher Parallelisierung zu den nationalen Befreiungsbewegungen in Europa Anklang. Besondere Dynamik mußte sie natürlich dort entfalten, wo sich dieser nationalstaatliche Ansatz mit den zuvor genannten Entstehungsfaktoren verband – ungebrochener jüdischer Religiosität und sozialer Unterdrückung. Dies war in Osteuropa⁷ der Fall.

III. Die zionistische Gründungsphase unter Theodor Herzl

Neben einer begeisternden Grundidee und einigen Vordenkern brauchen ideologische Strömungen immer auch charismatische Persönlichkeiten, um zu einer

⁶ Vgl. H.H. BEN-SASSON (Hrsg.), *Geschichte des jüdischen Volkes*, Bd. 2, 1979, S. 377 ff.

⁷ Besonders virulent waren die dortigen nationalistischen Bestrebungen als Reaktion auf die bereits von Zerfallserscheinungen erfaßte Fremdherrschaft des zaristischen Rußland und des habsburgischen Kaiserreiches.

„Bewegung“ zu erstarken. Die Idee einer jüdischen Wiederansiedlung in Palästina hatte im 19. Jahrhundert einige Vordenker (Moses Hess⁸, Zvi Hirsch Kalischer⁹) wie auch materielle Förderer, etwa Sir Moses Montefiore¹⁰ und Edmond James de Rothschild¹¹, auf ihrer Seite. Katalytische Wirkung erzielten indes erst Persönlichkeit und Werk *Theodor Herzls*.

Nichts aus der Herkunft und dem früheren Werdegang *Herzls* deutete auf seine spätere Berufung. Aufgewachsen in einer wohlhabenden Kaufmannsfamilie ohne besondere religiöse Prägung, von der österreichischen Kultur und der deutschen Sprache geformt, wurde er zum Juristen ausgebildet und verfaßte eine Reihe von Theaterstücken (Lustspiele und Dramen). Beruflich wandte er sich dem Journalismus zu. Eine Wende in seinem Leben brachten die Jahre von 1891 bis 1894 als Korrespondent der Wiener „Neuen Freien Presse“ in Paris. In dieser Eigenschaft verfolgte er den Dreyfus-Prozeß, das Strafverfahren gegen den jüdischen Hauptmann Alfred Dreyfus wegen dessen angeblicher Spionagetätigkeit für Deutschland. Das Verfahren löste damals leidenschaftliche Diskussionen aus und war von antisemitischen Begleittönen durchzogen. Diese Erfahrungen und auch die zuvor in Wien erlebte Judenfeindschaft lösen in *Theodor Herzl* eine radikale Wende in seinen Anschauungen über die jüdische Frage aus. Er wurde zum Fürsprecher eines jüdischen Gemeinwesens. Die herausragende Bedeutung *Herzls* liegt darin, daß er das Anliegen der Gründung eines jüdischen Staates sowohl literarisch-publizistisch-propagandistisch überzeugend vermitteln konnte als auch durch praktisch-politische Schritte erheblich voranzutreiben verstand. Seine literarischen Bemühungen haben sich insbesondere in der Programmschrift „Der Judenstaat – Versuch einer modernen Lösung der Judenfrage“¹² und in dem utopischen Roman „Altneuland“¹³ niedergeschlagen. Hierin entwirft er – durchaus im Stile der damaligen Nationalstaatskultur – das Bild eines säkularen Gemeinwesens, das die Errungenschaften damaliger westeu-

⁸ 1812–1875. Moses Hess war ein deutsch-jüdischer Philosoph, der sowohl frühe sozialistische Ideen – in zeitweiliger Zusammenarbeit mit Karl Marx – als auch eine frühe Form des Zionismus propagierte, letzteres insbesondere in seinem Werk „Rom und Jerusalem“ (1862).

⁹ 1795–1874. Zvi Hirsch Kalischer war ein orthodoxer Rabbiner aus der Provinz Posen, der sich in zahlreichen Schriften und Aktionen für die Ansiedlung insbesondere der verarmten jüdischen Massen Osteuropas in Palästina einsetzte.

¹⁰ 1784–1885. Sir Moses Montefiore war ein im Teehandel tätiger britischer Unternehmer und Philanthrop sephardisch-jüdischer Herkunft, der sich unermüdlich für das Wohl jüdischer Gemeinden in Europa und in Palästina einsetzte.

¹¹ 1845–1934. Edmond James de Rothschild entstammte dem Pariser Zweig der Rothschilds und engagierte sich stark für die Kolonisierung und insbesondere die landwirtschaftliche Erschließung Palästinas durch die dortige jüdische Bevölkerung.

¹² Erschienen im Jahre 1896.

¹³ Erschienen im Jahre 1902.

ropäischer Zivilisation aufweisen würde. *Herzls* politisch-praktische Begabung entfaltete sich in erster Linie in der Organisation der Zionistischen Weltkongresse, deren 1. im Jahre 1897 in Basel mit der Verabschiedung des sog. Basler Programms stattfand, welches den Kernsatz enthielt: „Der Zionismus erstrebt für das jüdische Volk die Schaffung einer öffentlich-rechtlich gesicherten Heimstätte in Palästina“. *Herzl* gilt als Initiator des sog. politischen Zionismus, dem es – wie diese Formulierung andeutet – vor allem darauf ankam, das Ziel der Staatsgründung in Abstimmung mit den damaligen Großmächten, vor allem dem Osmanischen Reich und Großbritannien, aber auch Deutschland,¹⁴ auf diplomatischem Wege zu erreichen. Er agierte gleichsam als „Staatsmann ohne Staat“. Seine realpolitischen Einsichten führten ihn sogar zu der Bereitschaft, einen britischen Vorschlag für eine jüdische Ansiedlung in Uganda in Erwägung zu ziehen, was von dem weit überwiegenden Teil der Bewegung aber kategorisch verworfen wurde. Insgesamt blieben die diplomatischen Initiativen *Herzls* erfolglos, so daß nach seinem frühen Tod im Jahre 1904 vielfach bereits mit einem Scheitern der Bewegung gerechnet wurde.

IV. Innere Struktur und Konsolidierung der zionistischen Bewegung nach Herzls Tod

Dessenungeachtet konnte sich die jüdische Gemeinschaft in Palästina in der Vorkriegszeit konsolidieren. Gründe waren zum einen der verstärkte Zustrom von Flüchtlingen aus Rußland als Konsequenz der Verfolgungspolitik unter Zar Nikolaus II. sowie zum anderen der durch außenpolitisch-kriegerische Verwicklungen (Balkankrieg) und innenpolitische Unruhen (Jungtürken 1908–1912, 1913–1918¹⁵) eingeengte Aktionsradius der osmanischen Staatsgewalt.

Gleichzeitig nahmen nach *Herzls* Tod die Fraktionierungen innerhalb der Zionistischen Weltbewegung, wie sie sich nach außen in den Beratungen der Weltkongresse darstellen, zu.¹⁶

Die Ausrichtungen der wesentlichen Fraktionen deuten bereits erste Orientierungen des späteren israelischen Parteienspektrums an:

Dies gilt vor allem für die Spaltung in *religiöse* und *säkulare* Zionisten. Die religiösen Zionisten erstrebten eine Verwirklichung des Basler Programms auf

¹⁴ So versuchte Herzl im Jahre 1849 Kaiser Wilhelm II. während dessen Palästina-reise für seine Pläne zu gewinnen.

¹⁵ Die Jungtürken waren eine um 1876 entstandene national-türkische Reformpartei, die zwischen 1908 und 1918 wesentlichen Einfluß auf die Geschehnisse des Osmanischen Reiches ausübte.

¹⁶ M. BRENNER, Geschichte des Zionismus, 3. Aufl. 2008, S. 76 ff.

der Grundlage und im Sinne der traditionellen jüdischen Religionsgesetze und bildeten die Keimzelle für die religiösen Parteien im späteren Israel. Die säkularen Zionisten entstammten in ihrer weit überwiegenden Mehrzahl dem unterprivilegierten osteuropäischen, insbesondere russischen, Judentum und verfochten bereits in Osteuropa sozialistische Grundvorstellungen. Sie entwickelten das ideologische Fundament der späteren israelischen Arbeiterpartei und stellten für die ersten drei Jahrzehnte nach der Staatsgründung einen großen Teil der politischen Klasse des jungen Staates. Hier ist auch der Ursprung der Kibbuz-Bewegung zu suchen. Schließlich gab es die Gruppe der weltanschaulich zumeist liberalen Kulturzionisten, für die die Ansiedlung in Palästina vor allem auch eine grundlegende Erneuerung der jüdischen Kultur zum Ziele hatte. In deren Zentrum stand insbesondere die Wiederbelebung der hebräischen Sprache als der Sprache des jüdischen Volkes.¹⁷ Bei dieser Aufgliederung des geistigpolitischen Spektrums des Zionismus darf man am Ende nicht vergessen, daß dessen Anhängerschaft innerhalb der mittel- und westeuropäischen wie auch der amerikanischen jüdischen Gemeinschaften lange Zeit gering war. Von der großen Mehrheit der Juden wurde der Zionismus eher als Störelement bei ihren weiteren Assimilationsbemühungen wahrgenommen. Am ehesten war es noch die kulturzionistische Strömung, die auch in Deutschland in einigen assimilierten bürgerlichen jüdischen Familien eine Art kultureller Erweckung auslöste wie z.B. bei Gerschom (Gerhard) Scholem,¹⁸ dem berühmten Kabbala-Gelehrten, der Anfang der 20er Jahre des vorigen Jahrhunderts seine sehr assimilierte Berliner Kaufmannsfamilie verließ und nach Palästina auswanderte.¹⁹ Kulturelle Impulse innerhalb des europäischen jüdischen Bildungsbürgertums waren es denn auch, die 1923 (Vorarbeiten seit 1912) zur Gründung des Technion in Haifa und 1925 (Grundsteinlegung 1918) – unter fördernder Mitwirkung von Albert Einstein – zur Einweihung der Hebräischen Universität in Jerusalem führten.

V. Der weltpolitische Durchbruch der zionistischen Idee (Balfour-Deklaration)

Die Zeit des Endes des 1. Weltkrieges markiert einen Einschnitt in der Entwicklungsgeschichte des Zionismus – und dies in zweifacher Hinsicht:

¹⁷ Bedeutendster Vertreter des „Kulturzionismus“ und Protagonist der Erneuerung der hebräischen Sprache war ACHAD HA'AM (Asher Ginsberg), 1856–1927.

¹⁸ 1897–1982.

¹⁹ Einer seiner Brüder, Werner Sch., war kommunistischer Reichstagsabgeordneter (1924–1928). Ergreifend ist die Lektüre des Briefwechsels zwischen Gerhard Sch. und seiner Mutter Betty über die Distanz Palästina – Berlin, vgl. I. SHEDLETZKY (Hrsg.), Betty Scholem/Gerschom Scholem, Mutter und Sohn im Briefwechsel 1917–1946, 1989.

1. Der Zusammenbruch des Osmanischen Reiches bedeutete für das zionistische Projekt einerseits neue Chancen, andererseits aber auch Gefahren infolge des Wegfalls eines Ordnungsfaktors, der der arabischen Bevölkerung in Palästina einen weltanschaulich-religiösen Halt geben konnte.

2. Von ganz weittragender Bedeutung für das Schicksal des Zionismus ist das Jahr 1917. Im Vorfeld des Zusammenbruchs des Osmanischen Reiches und in der Erwartung einer Unterstellung Palästinas unter britische Oberhoheit hatten maßgebliche zionistische Kreise und Persönlichkeiten, insbesondere *Chaim Weizmann*,²⁰ ihren Einfluß in England für die Anerkennung ihres Zieles der Errichtung einer jüdischen Heimstätte in Palästina geltend gemacht. Am 02.11.1917 gelang dann der diplomatische Durchbruch: Der britische Außenminister Lord Arthur J. *Balfour* übermittelte Lord *Rothschild* ein Schreiben, dessen Kernsätze lauteten:

„Seiner Majestät Regierung betrachtet mit Wohlwollen die Errichtung einer nationalen Heimstätte für das jüdische Volk in Palästina und wird die größten Anstrengungen machen, um die Errichtung dieses Zieles zu erleichtern, wobei nichts unternommen werden soll, was den bürgerlichen und religiösen Rechten bestehender nichtjüdischer Gemeinschaften oder der staatsbürgerlichen Rechtsstellung der Juden anderer Länder Abbruch tun könnte.“

So wohlwollend sich dieser Text anhört, so konflikterzeugend wirkte er. Mit diesen Worten tritt das Anliegen des Zionismus gleichsam in die Dimension eines weltgeschichtlichen Dilemmas ein, das bis heute ungelöst ist.

Völkerrechtliche Verbindlichkeit erlangte diese Zusage dadurch, daß sie im Jahre 1922 bei der Übertragung des Völkerbundmandats an Großbritannien zum Inhalt des Mandats gemacht wurde. Dabei muß man berücksichtigen, daß das Mandat sich territorial auf die Gebiete des heutigen Israel, des Westjordanlandes, des Gazastreifens und Jordaniens erstreckte. 1923 wurde das heutige Jordanien als das Emirat Transjordanien abgetrennt, während das Westjordanland als Cisjordanien unter britischer Mandatsverwaltung verblieb.

VI. Die drei Fronten der zionistischen Auseinandersetzung: arabische Bevölkerung – englische Mandatsmacht – interne Radikalisierung

Diese neuen Gegebenheiten führten in den 20er Jahren des vorigen Jahrhunderts auf der einen Seite zu einer Stärkung der zionistischen Bewegung, nicht

²⁰ 1874–1952. Chaim W. war ein weltbekannter Chemiker und Unterstützer der Kriegsindustrie Englands im 1. Weltkrieg sowie langjähriger Präsident der Zionistischen Weltorganisation. 1948 wurde er 1. Staatspräsident Israels.

zuletzt aufgrund der verstärkten Einwanderung insbesondere von Juden aus Rußland sowie durch zunehmende Unterstützung aus den USA, die insbesondere auf das Wirken von *Louis Brandeis*,²¹ einem hochangesehenen Richter am amerikanischen Supreme Court, zurückgeht.

Auf der anderen Seite verkomplizierte sich das zionistische Aktionsfeld dadurch, daß die Bewegung in eine Dreifrontenauseinandersetzung verstrickt wurde:

- (1.) Die in Palästina ansässige jüdische Bevölkerung mußte sich der in den 20er Jahren verstärkt einsetzenden terroristischen Überfälle durch Araber auf jüdische Siedlungen erwehren. Aus der Vielzahl der Terrorangriffe ragt das Massaker von Hebron hervor, bei dem im Mai 1929 mehr als 60 Juden umgebracht wurden;
- (2.) Die Führung der zionistischen Bewegung in- und außerhalb Palästinas stand vor der Aufgabe, die britische Mandatsmacht zur Gewährleistung der Lebensfähigkeit der jüdischen Siedlungsgemeinschaft zu bewegen. Aus der Sicht der Zionisten gehörte dazu eine großzügige Zulassung der Einwanderung. Die Politik Großbritanniens war in all diesen Jahren dadurch geprägt, daß es zwischen den beiden Zielen der Balfour-Deklaration – Förderung einer jüdischen Heimstätte und Wahrung des arabischen Besitzstandes – hin und herlavierte. Verhindert werden sollte in jedem Falle das Entstehen einer jüdischen Bevölkerungsmehrheit;
- (3.) Schließlich mußte sich die zionistische Bewegung intern klar werden über die nähere Ausgestaltung des zu gründenden jüdischen Gemeinwesens, wobei die territoriale Ausdehnung einer der zentralen Streitpunkte war. Hierüber kam es zu erbitterten Auseinandersetzungen, die auch für das Verständnis der heutigen innerisraelischen Politik von Bedeutung sind. Während die Mehrheit der zionistischen Bewegung zu pragmatischer Zusammenarbeit mit Großbritannien bereit war, spaltete sich die sog. Revisionistische Partei unter *Zeev Wladimir Jabotinsky*²² vom Mainstream ab. Ihr Ziel war klar: Forderung nach einer großzügigen Einwanderung mit dem Ziel der Erringung der Bevölkerungsmehrheit und die Errichtung eines jüdischen Staates in den Grenzen des antiken jüdischen Siedlungsraums (Erez Israel) beiderseits des Jordans, also über den Jordan hinaus im heutigen Jordanien.

²¹ Vgl. neuestens die umfassende Biographie von Melvin I. UROFSKY, *Louis D. Brandeis. A Life*, New York 2009, dazu die Besprechung von B. GROßFELD, *Juristenzeitung* 2010, 732.

²² 1880–1940. Zeev Wladimir J. war ein aus Odessa stammender Journalist und in den 20er und 30er Jahren des 20. Jahrh. Präsident von radikalen zionistischen Organisationen, die sich von der gemäßigten zionistischen Weltorganisation abgespalten hatten.

VII. Die Zionistische Bewegung in den 30er und 40er Jahren (Nationalsozialismus, Teilung Palästinas und Staatsgründung Israels)

Es war klar, daß sich die Zerreißproben für die am Palästina-Konflikt beteiligten Parteien einschließlich der zionistischen Bewegung durch die sich in der 1. Hälfte der 30er Jahre in Deutschland und später in ganz Europa entwickelnde Tragödie des jüdischen Volkes enorm zuspitzen mußten.

– Dabei ist zunächst nicht zu verkennen, daß diese Entwicklung der zionistischen Sache großen Auftrieb gab. Unter dem Verfolgungsdruck wandten sich viele deutsche Juden, die zuvor nicht-zionistisch und dem Judentum sogar weitgehend entfremdet waren, dem Aufbauwerk in Palästina zu. Etwa 50.000 gut und in hoher Zahl auch akademisch ausgebildete deutsche Juden wanderten in den 30er Jahren in Palästina ein. Sie leisteten dem Land unschätzbare Dienste. Rechtswesen, Gesundheitswesen oder auch Architektur prägten in bis heute sichtbarer Weise das spätere Israel.²³

– Auf der anderen Seite mußte diese Verstärkung der zionistischen Sache die Feindschaft der arabischen Bevölkerung noch weiter anfachen. Im Laufe der 30er Jahre, insbesondere der Unruhen von 1936, nahmen die terroristischen Überfälle arabischer Banden sprunghaft zu. Auf politischer Ebene fühlten die arabischen Kräfte durch Verfolgungspolitik und später Eroberungsfeldzüge der Nationalsozialisten starken Auftrieb. Das Ende des zionistischen Experiments schien nahe, als deutsche Truppen zu Beginn der 40er Jahre in Nordafrika vorrückten und die Verwirklichung der Pläne zur Eroberung Palästinas bevorzustehen schien.

– Für die Mandatsmacht Großbritannien wurde die Situation im Zuge dieser Entwicklung immer auswegloser: Auf der einen Seite war sie den angesichts der Judenverfolgung in Europa nur schwer zu widerstehenden beschwörenden Forderungen der zionistischen Führung zugunsten einer liberaleren Einwanderungspolitik ausgesetzt. Auf der anderen traf sie die zunehmende Gewalttätigkeit des arabischen Widerstands in ihrer Eigenschaft als völkerrechtlich verantwortliche Ordnungsmacht mit voller Wucht. In dieser Lage war es nur eine Frage der Zeit, bis die britische Mandatsmacht zum ersten Mal den Gedanken einer Teilung Palästinas in einen jüdischen und einen arabischen Staat vorschlagen würde. Eben dies geschah im Jahre 1937 durch den Teilungsplan der sog. *Peel-Kommission*, wobei dem jüdischen Staat insbesondere der Küstenstreifen und Galiläa, dem arabischen Staat dagegen der Großteil des Hinterlandes mit Judäa zufallen sollte.²⁴

²³ Zur herausragenden Bedeutung der Einwanderung deutscher Juden für die Entwicklung Palästinas/Israels insbesondere auf dem Gebiet des Rechtswesens vgl. KÜHNE, BWG Abhandlungen, Band LIX (2008), S. 231 ff. (246), insbes. die Nachw. in Fn. 37.

²⁴ Vgl. H.H. BEN-SASSON (Hrsg.), Geschichte des jüdischen Volkes, Bd. 3, 1980, S. 356 ff.

Der Teilungsplan löste in der Zionistischen Bewegung über die folgenden Jahre anhaltend eine heftige Kontroverse und eine überwiegend ablehnende Haltung aus.²⁵ Die Konfliktlinien verliefen dabei nur teilweise parallel zu den ideologischen Hintergründen – der religiöse und der nationalistische Zionismus mußten natürlich dagegen sein. Unter den Vertretern zionistischer, meist linksgerichteter Realpolitik gründete sich die Ablehnung der britischen Haltung entscheidend auf die damit verbundene Beschränkung der Einwanderung, was im Angesicht der Geschehnisse in Europa mit Verbitterung aufgenommen wurde. Dies sollte sich in den letzten Kriegs- und ersten Nachkriegsjahren noch verschärfen, als das ganze Ausmaß der jüdischen Tragödie in Europa klar wurde und mehr als Hunderttausend aus den Lagern befreite jüdische Flüchtlinge auf die Gelegenheit zur Einwanderung nach Palästina warteten. Mit einer gewissen, durch die Zunahme antibritischer terroristischer Akte auch auf jüdischer Seite²⁶ noch verstärkten inneren historischen Logik strebte der Palästina-Konflikt in den Jahren 1947 und 1948 dann der Teilungslösung zu. Deren erster, gleichsam völkerrechtlicher Schritt war der Teilungsbeschluß der Vereinten Nationen vom 29.11.1947 mit der Entscheidung über die Teilung Palästinas in einen jüdischen und einen arabischen Staat. Der zweite nationale oder innerjüdische Schritt vollzog sich am 14.05.1948 unmittelbar nach dem Abzug der letzten britischen Mandatsstreitkräfte, als David Ben Gurion in Tel Aviv den Staat Israel ausrief und die Unabhängigkeitserklärung verlas. Damit war der Traum *Theodor Herzls* in Erfüllung gegangen. Hatte damit auch der Zionismus seine Mission erfüllt?

VIII. Konsolidierung von Staat und Gesellschaft Israels unter fortgesetzter äußerer Bedrohung 1948–1967

Mit der Staatsgründung war das primäre Ziel des Zionismus zunächst einmal nur der Form nach erreicht. Es schien zum sofortigen Scheitern verurteilt, als nur wenige Stunden nach der Verkündung der Unabhängigkeit fünf arabische Armeen die israelischen Stellungen angriffen. Zur Überraschung der Weltöffentlichkeit gelang es den israelischen Streitkräften bis zum Inkrafttreten des Waffenstillstandes im Frühjahr 1949, das jüdische Siedlungsgebiet nicht nur zu

²⁵ Vgl. H.H. BEN-SASSON, aaO. (Fn. 24), S. 358.

²⁶ Neben der militärischen Untergrundorganisation der jüdischen Bevölkerung während der Mandatszeit (Haganah) hatten sich radikale nationalistische Untergrundbewegungen (Lechi, EZEL) herausgebildet, die auch vor Terrorakten gegenüber der britischen Mandatsmacht nicht zurückschreckten. Besonders bekannt geworden ist der Sprengstoffanschlag auf das King-David-Hotel in Jerusalem (Hauptquartier der britischen Mandatsverwaltung) im Jahre 1946.

verteidigen, sondern auch erheblich zu erweitern, insbesondere durch Eroberung des Negev und durch Öffnung des Zugangs zum Roten Meer.

Nach Bestehen dieser existentiellen Prüfung wurden in den ersten zwei Jahrzehnten nach der Staatsgründung alle Kräfte des jungen Staates durch zwei Herausforderungen auf das Äußerste in Anspruch genommen: die insbesondere auch militärischen Abwehranstrengungen gegenüber fortbestehender äußerer militärischer Bedrohung – erinnert sei hier an den Sinai-Feldzug von 1956 – auf der einen und die Konsolidierung nach innen auf der anderen Seite. Den tonangebenden machtpolitischen Einfluß übte der eher realpolitische, sozialdemokratisch-laizistische, aschkenasisch-osteuropäisch geprägte zionistische „Adel“ aus der Mandatszeit mit Persönlichkeiten wie *Chaim Weizmann*,²⁷ *David Ben Gurion*,²⁸ *Moshe Sharett*²⁹ und *Golda Meir*³⁰ aus. Eingliederung der Überlebenden der Verfolgung in Europa und der Flüchtlinge aus arabischen Ländern sowie die durch den Eichmann-Prozeß 1960/61 bewirkte kollektive Bewußtmachung einer Schicksalsgemeinschaft rückte unter den geistigen Wurzeln des Zionismus die Vorstellung von der Funktion Israels als des Zufluchtsortes für alle bedrohten Juden auf der Welt eindeutig in den Vordergrund. Die den nationalistischen und religiösen Zionismus-Vorstellungen zuzuordnenden Gruppierungen waren in das System parlamentarisch-demokratischer Willensbildung weitgehend integriert. Insbesondere zur Beruhigung der durchweg orthodox ausgerichteten religiösen Kreise trug wesentlich bei, daß ihre schon in der Mandatszeit begründete Monopolstellung in personenstands- und familienrechtlichen Angelegenheiten voll gewahrt blieb und sie ihre finanziellen Forderungen hinsichtlich der Unterhaltung ihrer religiösen Infrastruktur regelmäßig als Zünglein an der Waage in Koalitionsregierungen durchzusetzen vermochten. Als politische Bewegung war der Zionismus in dieser Phase eines großen Teils seiner Schwungkraft beraubt. Er war weitgehend auf die Rolle als Motivationsanreiz für die Einwanderung nach Israel und – insbesondere in den USA – für die materielle Förderung des dortigen Aufbauwerks reduziert.

²⁷ Zu ihm oben Fn. 20.

²⁸ 1886–1973. David B.G. war 1948–1953 und 1955–1963 Ministerpräsident Israels.

²⁹ 1894–1965. Moshe Sh. war von 1948–1956 Außenminister und von 1953–1955 Ministerpräsident Israels.

³⁰ 1898–1978. Golda M. war von 1956–1965 Außenministerin und von 1969–1974 Ministerpräsidentin Israels.

IX. Die religiös-nationalistische Aufladung des zionistischen Projekts nach dem Sechs-Tage-Krieg 1967

Einen gerade im Abstand von gut vier Jahrzehnten immer deutlicher werdenden Wandel zionistischer Grundanschauungen bewirkte der Sechs-Tage-Krieg im Juni 1967. Im Laufe dieser mit beeindruckender, aus heutiger Sicht aber auch verführerischer Überlegenheit siegreich geführten militärischen Auseinandersetzung besetzte Israel Ost-Jerusalem, die Golan-Höhen in Syrien, das Westjordanland, den Gaza-Streifen und die Halbinsel Sinai.

Ungeachtet der unmittelbar nach Ende des Krieges auf israelischer Seite geäußerten territorialen Konzessionsbereitschaft³¹ erwies sich die Besetzung – vom Sinai und dem Gaza-Streifen abgesehen – als bis heute beständig. Die Verwandlung des politischen und gesellschaftlichen Bewußtseins, die dieser Zustand mit sich gebracht hat, vollzog sich in zwei Stufen: Die erste noch von der sozialdemokratisch-laizistischen Generation geprägte Stufe hielt an der Besetzung vorwiegend aus Sicherheitsgründen fest – angesichts des Yom Kippur-Krieges 1973 nicht ganz unverständlich – und orientierte die nur sehr beschränkt zugelassene Besiedlung an sicherheitlichen Erwägungen. Aber schon kurz nach Kriegsende wurden die Vorboten der nächsten Stufe sichtbar, als Gruppen von religiösen Aktivisten³² die Siedlungen in Kfar Etzion und in Hebron begründeten. Diese zweite Stufe begann dann im Frühjahr 1977 mit der Regierungsübernahme durch den Likud-Vorsitzenden *Menachem Begin*.³³ Mit diesem Wechsel gewann ein Politiker Gestaltungsmacht, der zur Mandatszeit treuer Anhänger des revisionistisch-zionistischen Flügels unter *Wladimir Zeev Jabotinsky*³⁴ und Führer des auch vor Terrorakten nicht zurückschreckenden Irgun war. Die rechtszionistische Agenda mit der Vision einer Besiedlung von Erez Israel mit den Kerngebieten Judäa und Samaria hatte einen späten Triumph errungen. Die Siedlungsbewegung formierte sich und fand von nun an mehr oder weniger offene Unterstützung durch staatliche Stellen. Von ihrem Selbstverständnis her ist dabei die Siedlerbewegung eine Fortsetzung und Vollendung der zionistischen Vision, wie sie jedenfalls in ihrem revisionistischen Flügel bereits seit den 20er Jahren bestand. Zu berücksichtigen ist dabei aller-

³¹ So erklärte der damalige Verteidigungsminister Israels, Moshe Dajan, in einem BBC-Interview am 13.06.1967: „Wir warten auf einen Telefonanruf von arabischer Seite. Wenn die Araber eine (territoriale) Veränderung wollen, so mögen sie sich mit uns in Verbindung setzen.“

³² Es handelte sich um die spätere (1974) als Gush Emunim konstituierte Gruppe um Rabbiner Moshe Levinger.

³³ 1913–1992. Menachem B. war von 1977–1983 Ministerpräsident Israels.

³⁴ Vgl. oben Fn. 22.

dings, daß die Siedlerbewegung keine in sich geschlossene Gruppierung, sondern ein Kosmos in sich selbst ist.³⁵ Für die *religiösen* Siedler ist die Besiedelung insbesondere Judäas und Samarias Teil eines göttlichen Heilsplans, als dessen Zwischenschritt die Rückkehr der Juden in das ihnen versprochene Land und als dessen Endpunkt die Ankunft des Messias erscheint.³⁶ Für die *nationalistischen* Siedler, zu denen insbesondere viele dem religiösen Judentum sogar entfremdete russische Einwanderer gehören, ist die Besiedelung Teil der Selbstbehauptung des jüdischen Volkes, wobei völkische Zwischentöne keineswegs fehlen. Ungeachtet des Oslo-Prozesses,³⁷ der rückschauend als bloße Episode erscheint, hat das Anwachsen der Siedlerbewegung bis heute angehalten. Gegenwärtig leben rund 300.000 Siedler in über 120 Siedlungen, bei Einbeziehung des Großraums Jerusalem sogar über 450.000. Die staatliche Rückendeckung war zu keiner Zeit stärker als gegenwärtig unter der Netanjahu-Regierung, der selbst Siedler angehören.³⁸ Damit einhergegangen ist auf der politischen Ebene eine Pulverisierung der osteuropäisch-laizistisch-sozialdemokratischen Tradition und ihrer politischen Heimat, der Arbeitspartei, wie auch des (links-) liberalen Bürgertums und seiner traditionell immer schon verhältnismäßig kleinen parteipolitischen Basis.

X. Die Gegenbewegung: Infragestellung zionistischer Grundthesen, insbesondere durch die „Neuen Historiker“

Im Zuge der religiösen und nationalistischen Aufladung des zionistischen Projekts im Laufe der letzten Jahrzehnte hat sich allerdings auf der kulturell-intellektuellen Ebene in jüngerer Zeit eine neue Frontstellung aufgetan. Seit den 90er Jahren haben einzelne Intellektuelle, überwiegend Historiker, sich aufgemacht, einige Fundamentalannahmen des Zionismus und seiner Überlieferung durch die klassisch-zionistische Geschichtsschreibung zu hinterfragen und zu bestreiten. Zu diesen beinahe axiomatischen Annahmen gehören etwa die Vorstellung von der Rückkehr „des jüdischen Volkes“ in sein Land, von der freiwilligen Aufgabe ihrer Heimatsorte durch die palästinensischen Flüchtlinge im Unabhängigkeitskrieg 1948/49 und der Holocaust als weitere *raison d'être* des

³⁵ Zur Siedlerbewegung umfassend jüngst: HAGEMANN, Die Siedlerbewegung – Fundamentalismus in Israel, Wochenschau Verlag, 2010.

³⁶ Vgl. HAGEMANN, aaO. (Fn. 35), S. 452.

³⁷ Nach Vorarbeiten in Oslo unterzeichneten im September 1993 Israel und die PLO die „Prinzipienerklärung über die vorübergehende Selbstverwaltung“ in den Palästinensergebieten. Die damit begonnenen Friedensschritte sind indes in den folgenden Jahren nicht weitergeführt worden.

³⁸ So z.B. der gegenwärtige Außenminister Avigdor Lieberman.

Staates Israel. Zu dieser als „Neue israelische Historiker“ bekannt gewordenen Gruppe gehören etwa die Namen von *Benny Morris* und *Avi Shlaim*.³⁹ Auf zwei Autoren aus diesem Kreis soll dabei cursorisch eingegangen werden: *Shlomo Sand* und *Ilan Pappé*.

Die jüngste Publikation in dieser zionismuskritischen Linie ist das Werk des Tel Aviver Historikers *Shlomo Sand*,⁴⁰ bei dem schon der Titel „Die Erfindung des jüdischen Volkes – Israels Gründungsmythos auf dem Prüfstand“ für Zionisten wie eine Provokation klingt. Seine Kernthese besteht in der Aussage, daß es kein jüdisches Volk i.S. einer ethnischen, abstammungsmäßig auf die in Palästina vor der Tempelzerstörung durch die Römer im Jahre 70 n. Chr. ansässige jüdische Bevölkerung zurückgehenden Gemeinschaft gebe. Das Judentum sei eine Religion, deren Anhängerschaft sich vor allem durch eine Vielzahl von Konversionen im Laufe der Geschichte herausgebildet habe.

Ebenfalls bereits vom Titel her nicht minder provozierend ist das 2007 erschienene Buch „Die ethnische Säuberung Palästinas“ von *Ilan Pappé*,⁴¹ einem Historiker an der Universität Haifa, der anscheinend im Gefolge von Schwierigkeiten mit der Universitätsleitung 2007 an die Universität Exeter in England emigriert ist. Sein Anliegen ist die Stützung der These, daß die Flucht der arabischen Bevölkerung im Unabhängigkeitskrieg 1948/49 in weiten Teilen das Ergebnis von gezielten Vertreibungsmaßnahmen seitens der jüdischen Militärverbände und ihrer politischen Führung war. Auch aus dem politischen Raum ist literarische Kritik zu vernehmen. So hat der frühere Vorsitzende der Jewish Agency und Parlamentspräsident *Avraham Burg* jüngst ein Buch mit dem Titel „Hitler besiegen“ und dem bezeichnenden Untertitel „Warum Israel sich endlich vom Holocaust lösen muß“⁴² veröffentlicht: Israel müsse das Trauma des Holocaust überwinden und zu einem neuen Selbstverständnis finden, das auf Freiheit und Demokratie beruhe. In dieselbe Richtung zeigen die Arbeiten und Stellungnahmen von bekannteren Schriftstellern und Journalisten wie *Tom Segev* und *David Grossman*.

³⁹ Vgl. zu den „neuen Historikern“ insgesamt: B. SCHÄFER (Hrsg.), *Historikerstreit in Israel. Die „neuen“ Historiker zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit*, Campus-Verlag, 2000.

⁴⁰ SHLOMO SAND, *Die Erfindung des jüdischen Volkes – Israels Gründungsmythos auf dem Prüfstand*, Propyläen-Verlag, 4. Aufl. 2010.

⁴¹ ILAN PAPPE, *Die ethnische Säuberung Palästinas*, Zweitausendeins-Verlag, 6. Aufl. 2009.

⁴² AVRAHAM BURG, *Hitler besiegen – Warum Israel sich endlich vom Holocaust lösen muß*, Campus-Verlag, 2009.

XI. Der Kampf um den Zionismus: Postzionismus, liberaler Zionismus

Die durch die „Neuen Historiker“ ausgelösten intellektuellen Auseinandersetzungen sind inzwischen in eine breite, auch mediale Diskussion über die weitere Existenzberechtigung und den Ideengehalt des Zionismus gemündet. Einer der in diesem Zusammenhang häufig gebrauchten Begriffe ist der des „Postzionismus“. Zum Teil wird denn auch die Epoche des Zionismus offen für beendet erklärt. Vielfach werden die Wissenschaftler und Publizisten, die sich an der Enttarnung der zionistischen Gründungsmythen beteiligt haben, pauschal als „Postzionisten“ gebrandmarkt. Der Begriff ist inzwischen zu einem Schimpfwort im Arsenal der den Zionismus ausschließlich für sich reklamierenden religiös-nationalen Rechten gegenüber den gemäßigten Kräften des politischen Spektrums geworden. Politisches Streitobjekt ist dabei in der jüngsten Vergangenheit das Verhältnis der jüdischen Mehrheitsbevölkerung und des Staats- und Gesellschaftsapparats zur arabischen Minderheit von ca. 20 % Bevölkerungsanteil. Tendenzen zur Marginalisierung dieser Bevölkerungsgruppe sind in jüngster Zeit unübersehbar. Dies läßt sich z.B. an gesetzgeberischen Maßnahmen festmachen, nichtjüdischen Erwerbern der israelischen Staatsangehörigkeit einen Loyalitätseid gegenüber Israel als „jüdischem Staat“ abzuverlangen.⁴³ Die Maßnahme wird weithin als gegen palästinensisch-arabische Bürger, die israelische Araber heiraten, gerichtet angesehen. Einzelne Stadtverwaltungen haben ferner kürzlich Beschlüsse über ein örtliches Ansiedlungsverbot von arabischen Bürgern gefaßt. Schließlich haben jüngst einzelne Gruppen von orthodoxen Rabbinern jüdische Israelis zum Verzicht auf Umgang mit Arabern aufgefordert.⁴⁴

Auch das Verhältnis Israels zu den *jüdischen Gemeinschaften in der Welt* hat unter der religiös-nationalistischen Verengung des Zionismus-Verständnisses gelitten. Die Haltung des Zionistischen Weltkongresses und die offizielle israelische Regierungspolitik sind durch einen Graben gespalten, wie sich an den Beschlüssen des 36. Zionistischen Weltkongresses im Juni 2010 ablesen läßt.

Gerade in der jüdischen Diaspora formiert sich denn auch zunehmender Widerstand gegen die jüdische Exklusivitätspolitik der israelischen Regierung sowohl im Hinblick auf die arabische Frage als auch zugunsten der jüdischen Orthodoxie im innerjüdischen Spektrum. So haben sich vor kurzem in den USA

⁴³ Im rechten Lager gibt es noch weitergehende Vorstellungen: Aberkennung der israelischen Staatsangehörigkeit bei Verweigerung eines Loyalitätseides durch israelische Araber.

⁴⁴ Vgl. Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ) vom 18.12.2010, S. 7: „Ein Appell gegen jüdische „Verräter““.

und auch Europa Konkurrenzorganisationen (USA: JStreet, Europa: JCall) zu den etablierten Israel-treuen Lobby-Gruppen (in den USA insbesondere AIPAC⁴⁵) gebildet. Es werden zunehmend Forderungen nach einem „liberalen Zionismus“ oder „liberal Zionism“ laut. In einem eindringlichen und aufrüttelnden Essay mit der Überschrift „The Failure of the American Jewish Establishment“ hat sich der amerikanisch-jüdische Politikwissenschaftler und Journalist *Peter Beinart* in der diesjährigen Juni-Ausgabe der „New York Review of Books“ u.a. mit folgenden Worten an seine Leser gewandt:

„Morally, American Zionism is in a downward spiral. If the leaders of groups like AIPAC and the Conference of Presidents of Major American Jewish Organizations do not change course, they will wake up one day to find a younger, Orthodox-dominated, Zionist leadership whose naked hostility to Arabs and Palestinians scares even them, and a mass of secular American Jews who range from apathetic to appalled. Saving liberal Zionism in the United States – so that American Jews can help save liberal Zionism in Israel – is the great American Jewish challenge of our age.“⁴⁶

XII. Schlußbemerkungen: Perspektiven des Zionismus

Die soeben angesprochenen Auseinandersetzungen lassen erkennen, daß es gegenwärtig kein allgemein oder auch nur überwiegend akzeptiertes Konzept des Zionismus gibt. Gilt dies schon für das innerisraelische Meinungsbild, so erst recht in Bezug auf das Weltjudentum in seiner Gesamtheit. Der Zionismus ist innerhalb desselben Spannungsverhältnisses angesiedelt, welches jüdische Existenz von allem Anfang an prägt: Das Ringen zwischen Separatismus und Universalismus.⁴⁷ Es zeigt sich bereits in der Verbindung von separatistischem Auserwähltheitsgedanken und universeller messianischer Erlösungserwartung. Es setzt sich fort im Nebeneinander des Strebens einer Rückkehr nach Zion als dem zentralen Anliegen des Zionismus einerseits und der faktisch fortdauernden Existenz weiter Teile der jüdischen Diaspora in der pluralistisch verfaßten Diaspora andererseits. Auch in der israelischen Unabhängigkeitserklärung von

⁴⁵ AIPAC = American Israel Public Affairs Committee.

⁴⁶ The New York Review of Books, June 10 – 23, 2010 (Band LVII, No. 10), S. 16. Vgl. auch den israelischen Philosophen und Psychologen CARLO STRENGER in Haaretz Online vom 24.06.2010: „Only liberal Zionism can save Israel“.

⁴⁷ Vgl. N. GOLDMANN, Das jüdische Paradox. Zionismus und Judentum nach Hitler, Europäische Verlagsanstalt, 1978; 18: Die Juden seien zugleich das separatistischste und das universalistischste Volk.

1948 klingt diese Spannung an, wenn dort von Israel als einem „jüdischen und demokratischen“ Staat gesprochen wird.

In den letzten Jahren haben sich die Gewichte in diesem labilen Verhältnis deutlich und nach rechts zur eindimensional-religiös-nationalen Seite hin geneigt. Die israelische Gesellschaft und das Verhältnis der Institutionen untereinander werden von deutlichen Zeichen der Illiberalität und Unduldsamkeit – keineswegs nur im Verhältnis zur arabischen Bevölkerung – durchzogen, die auch in einem Teil der öffentlichen Meinung des Landes sehr kritische Reaktionen hervorrufen.⁴⁸ Vorfälle im Verhältnis zur Justiz (Nichtumsetzung von Gerichtsentscheidungen durch die Regierung), innerhalb des Bildungswesens (Anprangerung sog. liberaler Personalpolitik im Universitätswesen durch zionistisch-nationale Kreise) und im Kulturbereich (Stigmatisierung von Künstlern, die Auftritte in den besetzten Gebieten (Ariel) verweigern) repräsentieren gefährliche Tendenzen.

Das nur auf den ersten Blick schon mit der Staatsgründung im Jahre 1948 vollendete, aus dem nationalstaatlich orientierten 19. Jahrhundert stammende zionistische Projekt steht heute vor einer doppelten Herausforderung: der Absicherung des Staates Israel gegenüber äußeren Feinden (Iran) sowie der Gewährleistung seiner Existenz innerhalb gesicherter und anerkannter Grenzen auf der einen Seite und der Verbindung der jüdischen Prägung mit den liberalen pluralistisch-demokratisch-rechtsstaatlichen Errungenschaften moderner westlicher Industriestaaten⁴⁹ in einer globalisierten Welt auf der anderen Seite. Für unruhige bis stürmische Zeiten für das Projekt Israel in der Zukunft ist also gesorgt.

⁴⁸ Bannerträger dieser Kritik im publizistischen Spektrum Israels ist die (links-)liberale Tageszeitung „Haaretz“.

⁴⁹ An der Herbeiführung dieser Errungenschaften haben gerade jüdische Intellektuelle und Vertreter des öffentlichen Lebens in herausragender Weise mitgewirkt. Auch die Vision THEODOR HERZLS von einem jüdischen Gemeinwesen in Palästina war durchaus liberal und rechtsstaatlich angelegt.

Klassensitzungen

Modellierung des Einflusses der Temperatur auf die Populationsdynamik und die Ausbreitung von gebietsfremden Tierarten

OTTO RICHTER, SYLVIA MOENICKES UND FRANK SUHLING

Institut für Geoökologie der TU Braunschweig
Langer Kamp 16, D-38106 Braunschweig

1. Gebietsfremde Arten in Binnengewässern

In den letzten Jahrzehnten werden vermehrt Invasionen zuvor nicht heimischer Arten in Oberflächengewässern beobachtet [1]. In Deutschland finden sich inzwischen mehr als 100 solche Arten, von denen einige schon weit verbreitet und häufig sind [2]. Viele invasive Arten haben eindeutige Effekte auf die Ökosysteme [1, 3]. Viele Arten haben dabei durchaus auch wirtschaftliche Auswirkungen [4]. Die Wollhandkrabbe *Eriocheir sinensis* kann lokal immense Auswirkungen auf den Fischbestand haben und verursacht damit auch ökonomische Schäden. Die Zebrauschel *Dreissena polymorpha* überwächst technische Anlagen in Wasserstraßen und erzeugt damit Schäden in Millionenhöhe. Die Muschel *Corbicula fluminea* ist inzwischen im Rhein so häufig, dass sie die Abundanz des Flussplanktons deutlich beeinflusst. Um sich auf Invasionen gebietsfremder Arten vorbereiten zu können, werden Simulationsmodelle entwickelt, mit der die Wahrscheinlichkeit der Ansiedlung in einem Gebiet berechnet werden kann.

Gebietsfremde Arten können auf unterschiedlichen Wegen zu uns kommen, wobei oft der Mensch direkt für die Ausbreitung verantwortlich ist [2]. Manche Arten, wie die Wollhandkrabbe, sind über den Fernhandel, z.B. mit Ballastwasser aus Übersee zu uns gekommen. Andere haben sich insbesondere nach der Öffnung des Main-Donau-Kanals aus dem Schwarzmeergebiet kommend entlang der Bundeswasserstraßen ausgebreitet. Der Höckerflohkrebs, *Dikergammarus villosus*, hat diesen Weg genommen, wurde aber zusätzlich auch durch den Transport mit Binnenschiffen unterstützt [5].

* Der Vortrag wurde am 12.02.2010 in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

Neben diesen direkt durch menschliche Tätigkeit geförderten Invasionen wird aber in den letzten Jahrzehnten auch verstärkt die Ausweitung von Verbreitungsgebieten insbesondere von Insekten, wie Libellen, Heuschrecken und Schmetterlingen, aus dem Mittelmeerraum nach Norden verzeichnet [3, 6, 7]. Überwiegend wird diese Nordausbreitung direkt mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht [8, 9]. Ein Beispiel dafür ist die Feuerlibelle *Crocothemis erythraea*, die sich im Zeitraum von ca. 90 Jahren vom ersten Auftreten am Bodensee bis zur Nord- und Ostseeküste flächenhaft ausgebreitet hat und inzwischen in vielen Stillgewässern eine häufige Art ist [10, 11].

Für die Abschätzung zukünftiger Risiken ist es sinnvoll, dynamische Modelle zu entwickeln, die die Ausbreitung und Etablierung von gebietsfremden Arten simulieren können. Es ist theoretisch möglich die Ausbreitung einer Art in Raum und Zeit zu simulieren, sofern relevante physiologische Parameter, wie die Temperaturreaktion der Entwicklung, bekannt sind und die Veränderung der fraglichen Umweltvariable (in diesem Falle Temperatur) räumlich und zeitlich abgebildet werden kann, wie es für die Ausbreitung einer invasiven Ameisenart auf Hawaii durchgeführt wurde [12]. Wenn die Simulationsergebnisse solcher Modellansätze realistisch die tatsächliche Ausbreitung abbilden, liegen damit starke Indizien für Klimawandel-induzierte Ausbreitung von Arten vor. Gleichzeitig können diese Modelle auch für die dynamische Prognose zukünftiger Verbreitung genutzt werden. Wir zeigen hier einen Ansatz zur Ausbreitung der Libellenart *C. erythraea* in Baden-Württemberg vom ersten Auftreten bis heute.

2. Mathematische Modellierung der Ausbreitung durch Reaktions-Diffusions-Gleichungen

Bezeichnungen

- u_i : Populationsdichte der Art "i"
- D : Dispersionskoeffizient
- u_s : Dichteschwelle für Ausbreitung
- $\beta(T)$: Temperatur-Response-Funktion des Wachstums
- T : Temperatur
- β_{max} : maximale Wachstumsrate
- μ_i : Mortalität, Art "i"
- a_{ij} : Konkurrenzkoefizient für die Interaktion zwischen Art "i" and Art "j"

Die allgemeine Form eines Systems von Reaktions-Diffusions-Gleichungen für populationsdynamische Prozesse ist

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} = L[u_i] + f_i(u_1, \dots, u_n) \quad (1)$$

Im einfachsten Fall hat der Operator für die räumliche Ausbreitung $L[u]$ die Form

$$L[u] = \nabla \bullet D \nabla u \quad (2)$$

Die Dispersion von Populationen hängt häufig von der Dichte ab, d.h. vermehrte Dispersion findet dann statt, wenn eine Dichteschwelle u_s überschritten ist. Der Operator hat dann z.B. die folgende Form

$$L[u] = D_0 \nabla \bullet \left[\left(\frac{u}{u_s} \right)^m \nabla u \right] \quad (3)$$

Diese Nichtlinearität führt zu scharfen Ausbreitungsfronten und stellt hohe Ansprüche an die numerischen Verfahren. Die Reaktionsterme beschreiben temperaturabhängiges Wachstum (1. Term) und Mortalität als Folge von intra- und interspezifischer Interaktion (2. Term)

$$f_i(u_1, \dots, u_n) = \beta_i(T) u_i \frac{u_i}{u_i + K_i} - \mu_i u_i (1 + \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} u_j) \quad (4)$$

wobei $\beta_i(T)$ die Temperatur-Response-Funktion der Art "i" bezeichnet. Die Wachstumsrate ist dichteabhängig formuliert, d.h., die Reproduktion nimmt bei geringen Dichten ab. Diese Abnahme wird nach dem Biologen W.C. Allee als Allee Effekt bezeichnet. Die Dichteabhängigkeit wird durch den Faktor

$\frac{u_i}{u_i + K_i}$ beschrieben, der die Reproduktionsrate in Gleichung (3) kontrolliert.

Die Temperatur-Response-Funktion wird durch eine O'Neill Funktion [13] beschrieben (5), deren Verlauf durch die physiologischen Parameter Optimaltemperatur (T_{opt}), Lethaltemperatur (T_{max}) sowie durch die Beschleunigung des Wachstums mit steigender Temperatur (Q_{10} -Wert) bestimmt ist. Diese Parameter wie auch die maximalen Wachstumsraten sind artspezifisch. Wie in Abb. 1 dargestellt, ergaben Laborversuche eine sehr viel höhere Wachstumsrate der invasiven Art *C. erythraea* über einen weiten Temperaturbereich. Allerdings ergab sich auch ein engerer Bereich günstiger Wachstumstemperaturen (hoher Q_{10} -Wert), so dass bei niedrigen Temperaturen die sonst langsamere Art *L. dubia* Wachstumsvorteile hatte.

$$\beta(T) = \beta_{i\max} \left(\frac{T_{\max} - T}{T_{\max} - T_{opt}} \right)^p \exp \left(\frac{p(T - T_{opt})}{T_{\max} - T_{opt}} \right) \quad (5)$$

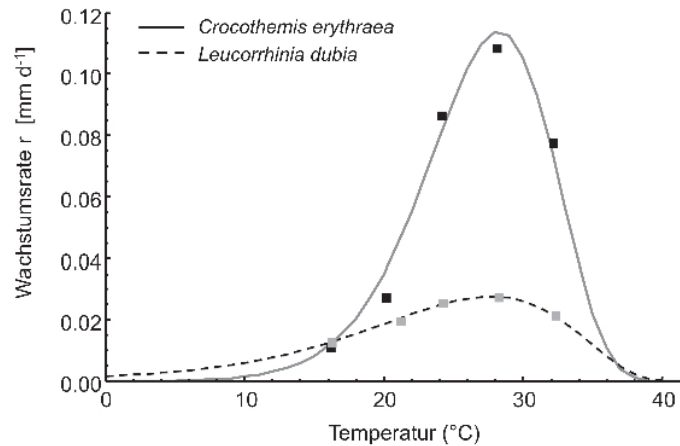


Abb. 1. Wachstumsrate der Larven von zwei Libellenarten in Abhängigkeit von der Temperatur. T_{max} wurde in beiden Fällen auch 40°C gesetzt. Die berechneten Werte für T_{opt} und Q_{10} betrugen 28.3°C und 2.64 bei *Crocothemis erythraea* und 26.9°C und 2.05 bei *Leucorrhinia dubia*.

mit

$$p = \frac{1}{400} W^2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{40}{W}} \right]^2$$

und

$$W = (Q_{10} - 1)(T_{max} - T_{opt})$$

3. Existenz von Bifurkationen im homogenen System

Im Folgenden wird nur eine Art betrachtet, d.h. Gleichung (4) reduziert sich auf

$$f(u) = \beta(T)u \frac{u}{u + K} - \mu u (1 + \alpha u) \quad (6)$$

Die stationären Lösungen des Reaktionsterms geben Aufschluss über das komplexe dynamische Verhalten des Systems. Für nur eine Art ist die stationäre Lösung definiert durch $f(u_s) = 0$. Abbildung 2 zeigt die stationäre Populationsdichte in Abhängigkeit der Temperatur. Unterhalb einer kritischen Temperatur T_1 existiert nur der Zustand "Ausgestorben". An der Stelle T_1 tritt eine Bifurkation auf, d.h. es entstehen zwei zusätzliche stationäre Dichten, wobei der untere Ast die Bedeutung der minimalen lebensfähigen Populationsdichte hat,

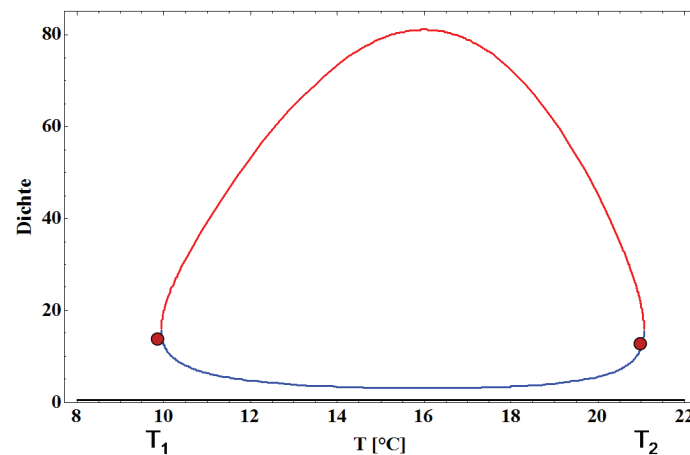


Abb. 2. Stationäre Populationsdichte als Funktion der Temperatur. An den Stellen T_1 und T_2 treten Verzweigungen (Bifurkationen) auf. Unterhalb von T_1 und oberhalb von T_2 existiert nur der Zustand $u = 0$ (schwarz). Im Intervall zwischen T_1 und T_2 existieren zwei zusätzliche Zustände. Die blaue Kurve hat die Bedeutung der minimal überlebensfähigen Dichte u_{crit} und trennt die Attraktionsbereiche der beiden lokal stabilen Zustände " $u = 0$ " (schwarz) und " $u = u_{max}$ " (rot).

unterhalb derer die Population ausstirbt. Bei der Temperatur T_2 verschwinden die beiden positiven stationären Zustände und es existiert wie bei den niedrigen Temperaturen nur der Zustand "Ausgestorben".

4. Existenz von Wellenlösungen

Das Zusammenwirken von Dispersion und Populationsdynamik bewirkt die Entstehung von Wanderwellen, d. h. das obige Gleichungssystem hat Lösungen der Form $u(x-v t)$, wobei v die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist. Der folgende Satz von Hadeler & Rothe [14] beweist die Existenz von Wellenlösungen für den eindimensionalen Fall

$$\frac{\partial u}{\partial t} = D \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + f(u)$$

Satz: Sei $f(u)$ Lipschitz-stetig mit den folgenden Eigenschaften: es existieren positive Konstanten a und u_{max} mit $a < u_{max}$, derart, dass $f(a) = 0$, $f(u_{max}) = 0$, $f(u) < 0$ für $u < a$ und $f(u) > 0$ für $a < u < u_{max}$ und $f(u) < 0$ für $u > u_{max}$. Dann existieren Wellenlösungen wenn

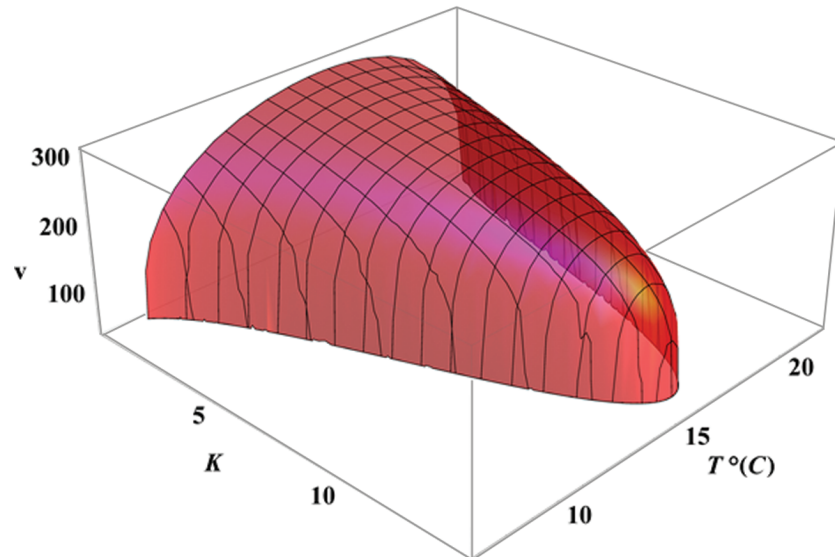


Abb. 3. Abhängigkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit vom Parameter K , der die minimale überlebensfähige Populationsgröße bestimmt, und der Temperatur. Mit wachsendem K wird der Existenzbereich für Wellenlösungen immer kleiner. Bei der optimalen Wachstumstemperatur ist auch die Ausbreitungsgeschwindigkeit am größten.

$$C = \int_0^{U_{\max}} f(u) du > 0$$

Die minimale Ausbreitungsgeschwindigkeit ist gegeben durch $2\sqrt{Df'(a)}$ und hängt damit von der Temperatur und der minimalen überlebensfähigen Populationsgröße a ab, wobei a durch den Parameter K bestimmt wird (Abb. 3). Es lässt sich leicht zeigen, dass Gleichung (6) die Voraussetzungen dieses Satzes im Temperaturintervall $T_1 < T < T_2$ erfüllt.

5. Ausbreitung zweier konkurrierender Arten mit unterschiedlichen Temperaturanforderungen

Die folgende Simulation zeigt die Ausbreitung und Interaktion zweier Arten mit unterschiedlichen Temperaturansprüchen über einem Gebiet mit einer räumlichen Temperaturverteilung charakterisiert durch hohe Temperaturen im Zentrum und einer Abnahme der Temperaturen an beiden Rändern. Dieser Temperaturverteilung wird zudem ein räumlicher positiver Trend aufgeprägt (Abb. 4).

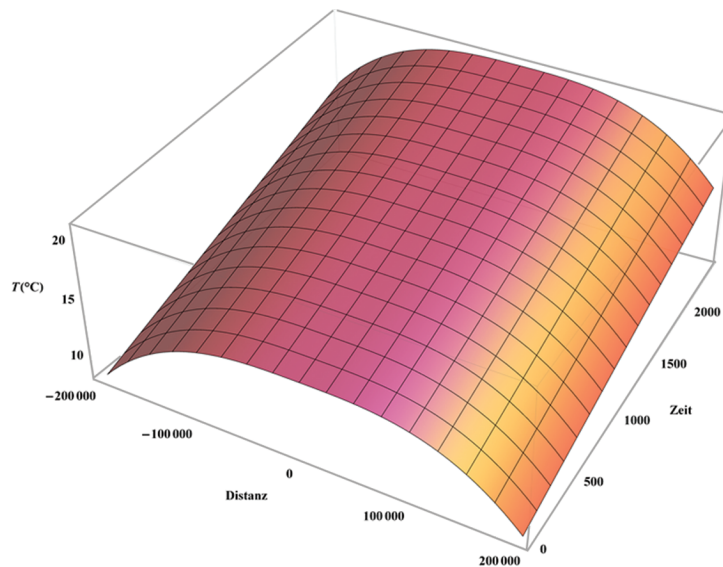


Abb. 4. Räumliches und zeitliches Profil der Temperatur, welches der in Abb. 4 dargestellten Simulation der Ausbreitung zugrunde liegt.

Abbildung 5 zeigt die raumzeitliche Dynamik der beiden Populationen. Die Ausbreitung erfolgt zunächst ungestört von den räumlich getrennten Anfangsverteilungen aus. Die Art mit dem geringeren Temperaturanspruch breitet sich an den (kühleren) Rändern des Temperaturprofils aus. Mit wachsender Temperatur dringt die konkurrierende Art in die Ränder vor und verdrängt die residente Art. Im weiteren Verlauf der Temperaturerhöhung besiedelt die eindringende Art die Ränder und zieht sich langsam aus dem nun zu warmen zentralen Bereich zurück.

6. Ausbreitung im Landschaftsmaßstab

Implementierung in die Entwicklungsumgebung COMSOL Multiphysics

Um die Ausbreitung im Landschaftsmaßstab zu simulieren, wurde das Modell in die Entwicklungsumgebung COMSOL Multiphysics implementiert, das finite Elemente Löser basierend auf dem Galerkin Verfahren für Systeme von partiellen Differentialgleichungen bereitstellt. Landschaftsstrukturen wurden aus einem geografischen Informationssystem importiert. Georeferenzierte Temperaturdaten für Deutschland in einer Auflösung von 1 km² wurden von der WorldClim Datenbasis (www.worldclim.org) importiert und in COMSOL zweidimensional interpoliert (Abb. 6).

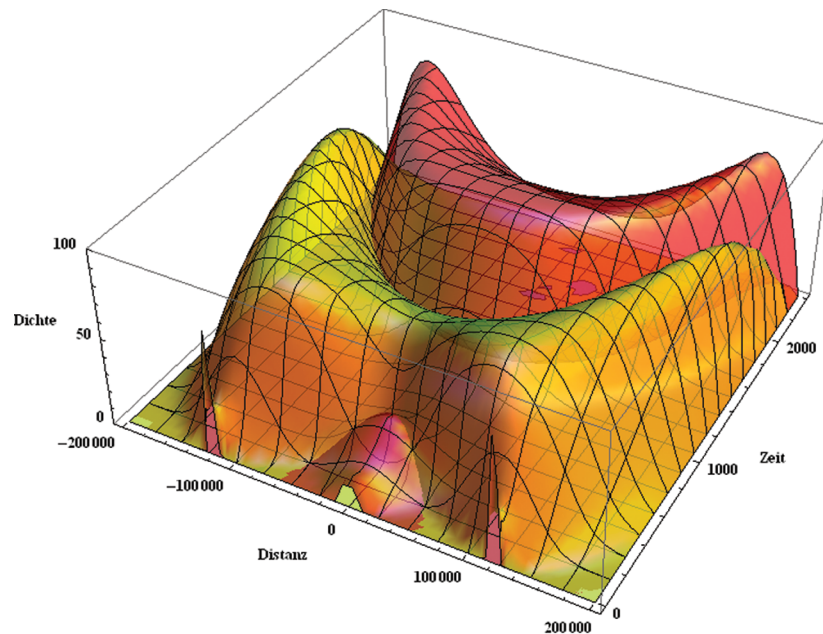


Abb. 5. Die beiden von den Anfangsverteilungen der beiden Arten ausgehenden Wellen breiten sich zunächst ungestört aus. Die Art mit der geringeren Optimaltemperatur breitet sich zunächst an den Rändern aus und wird im Zuge der Temperaturerhöhung durch die konkurrierende Art mit der höheren Optimaltemperatur verdrängt.

Szenario für die Invasion einer neuen Art durch das Rheintal

Das Oberrheintal ist durch seine Verbindung durch den Rhone-Bresse Graben zum Mittelmeer ein wichtiger Einwanderungsweg für südliche Arten. Das Tal ist von den Mittelgebirgen des Schwarzwaldes und der Vogesen umgeben, die ihre Fortsetzung finden im Pfälzerwald bzw. im Odenwald, so dass hohe Temperaturunterschiede zwischen der Ebene und den Randgebirgen bestehen. Für das Szenario werden zwei Spezies betrachtet: eine nördliche Art mit einem Temperaturoptimum von 8°C (mittlere Jahrestemperatur) und eine südliche Art mit einem Temperaturoptimum von 11.5°C . Zu Beginn der Simulation sind beide Arten auf einem engen Areal an der südlichen Grenze des Rheingrabens angesiedelt. Zunächst wird die Ausbreitung für die aktuelle Temperaturverteilung simuliert. Nach der Etablierung beider Populationen wird die Temperatur langsam erhöht. Die Gleichungen (1), (2) und (4) mit der Temperaturresponsefunktion (5) werden zusammen mit dem Geometriemodell (Abb. 6) in das COMSOL Programm implementiert. Die Dynamiken beider Populationen sind durch den Interaktionsterm in Gleichung (4) gekoppelt, so dass eine Verdrängung stattfinden kann.

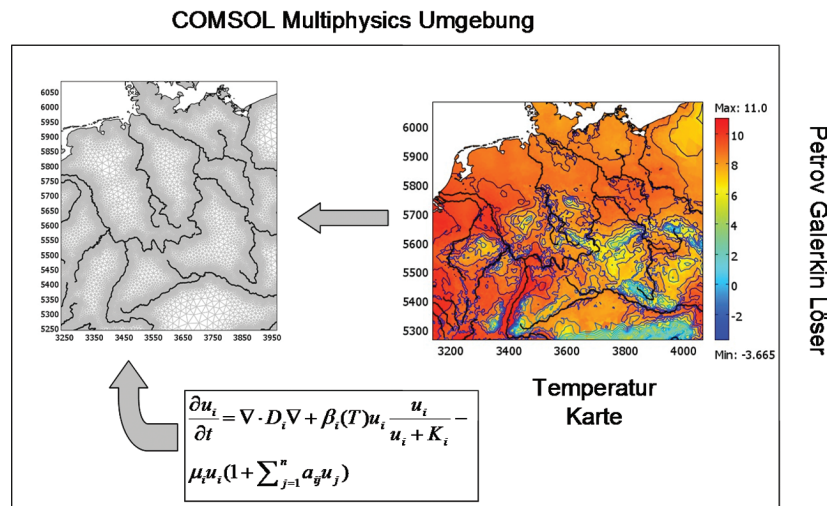


Abb. 6. Schema der Implementierung von Landschaftsstruktur, Temperaturkarte und Modellgleichungen in die COMSOL Multiphysics Umgebung.

Abbildung 7 zeigt den zeitlichen Verlauf der Einwanderung einer wärme-liebenden Art. Ausgehend von einer Anfangspopulation im südlichen Oberrhein-tal (Abb. 7, links oben) breitet sich die Art nach Norden durch die Täler aus. Nach einer simulierten Temperaturerhöhung (Abb. 7 rechts unten) beginnt die Art, auch die Mittelgebirge zu besiedeln. Als Kontrast wurde die Ausbreitung einer Art mit niedrigerem Temperaturanspruch simuliert (Abb. 8). Diese verbreitet sich zunächst über die Mittelgebirge nach Norden, wird dann aber nach einer Temperaturerhöhung auf die höchsten Bereiche der Mittelgebirge zurückge-drängt (Abb. 8 rechts unten).

7. Fazit

Reaktions-Diffusionsgleichungen sind in der Lage, die Ausbreitung von Popu-lationen großräumig zu modellieren. Durch Kopplung von finiten Elemente Lösern mit einem geografischen Informationssystem ist es möglich, die Aus-breitung über realen Landschaften in Abhängigkeit von Umweltvariablen zu simulieren. Basierend auf georeferenzierten Temperaturdaten und der Tempera-tur-Response-Funktion generieren die Modellansätze plausible raumzeitlichen Muster der Verbreitung von Arten in Abhängigkeit der Temperatur.

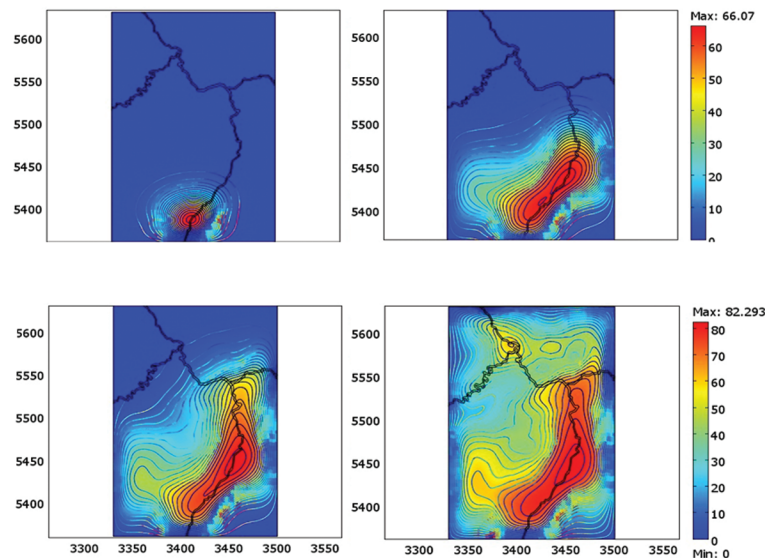


Abb. 7. Ausbreitungsmuster einer Art mit hohem Temperaturbedarf. Die Art wandert entlang der warmen Talsysteme (links und rechts oben) und breitet sich in höher gelegene Regionen erst nach einer Temperaturerhöhung aus (rechts unten).

Wir haben damit ein Werkzeug bereitgestellt, das vielfältige praktische Anwendungen ermöglicht, insbesondere bei der Ausbreitung von Krankheitsvektoren. Problem dabei ist die Gewinnung der Modellparameter. Während man bei Ermittlung von Temperatur-Reaktions-Kurven und ihrer Parameter auf Laborexperimente zurückgreifen kann, ist es schwierig, die Parameter für die Ausbreitung zu schätzen. Ein Weg dazu ist die Einbettung der finite Elemente Löser in Optimierungsverfahren zur Identifikation von Parametern.

Danksagung

Die Arbeit wurde im Rahmen des Schwerpunktprogramms 1162 "The impact of Climate Variability on Aquatic Ecosystems (AQUASHIFT)" von der DFG gefördert. Wir danken Herrn Schmalstieg für technische Unterstützung.

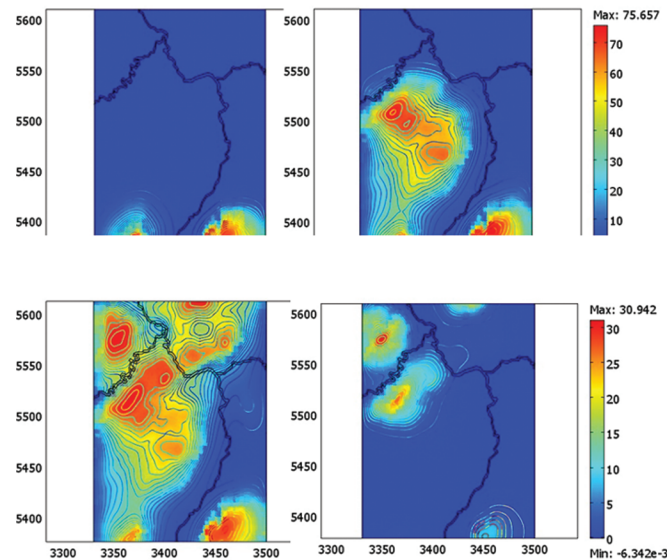


Abb. 8. Ausbreitung einer Art mit einem niedrigen Temperaturoptimum. Die Art ist zunächst in den südlichen Teilen von Vögesen und Schwarzwald lokalisiert (links oben) und verbreitet sich dann entlang der Mittelgebirge aus (rechts oben, links unten). Nach einer Temperaturerhöhung kann die Art nur noch in den höheren Teilen der Mittelgebirge existieren (rechts unten).

Literatur

- [1] STRAYER, D.L. (2010): Alien species in fresh waters: ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future. *Freshwater Biology* **55** (Supplement 1): 152–174.
- [2] GOLLASCH, S. & S. NEHRING (2006): National checklist for aquatic alien species in Germany. *Aquatic Invasions* **1**: 245–269.
- [3] WALTHER, G.-R., A. ROQUES, P.E. HULME et al. (2009): Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology & Evolution* **24**: 686–693.
- [4] NEHRING, S. (2003): Gebietsfremde Arten in den deutschen Gewässern – ein Risiko für die Biodiversität. *Schriftenreihe des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft* **498**: 40–52.
- [5] MÜLLER, J.C., S. SCHRAMM & A. SEITZ (2002): Genetic and morphological differentiation of *Dikerogammarus* invaders and their invasion history in Central Europe. *Freshwater Biology* **47**: 2039–2048.

- [6] PARMESAN, C. (2006): Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic* **37**: 637–669.
- [7] SETTELE, J., O. KUDMA, A. HARPKE et al. (2008): Climatic Risk Atlas of European Butterflies. *Biorisk* **1**: 5–710.
- [8] PARMESAN, C., N. RYRHOLM, C. STEFANESCU et al. (1999): Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* **399**: 579–583.
- [9] WALTHER, G.-R., E. POST, P. CONVEY et al. (2002): Ecological responses to recent climate change. *Nature* **416**: 389–395.
- [10] OTT, J. (2010): The big trek northwards: recent changes in the European dragonfly fauna? in *Atlas of Biodiversity Risk*, J. SETTELE et al., (Eds). Pensoft: Sofia and Moscow.
- [11] OTT, J. (2010): Dragonflies and climatic change – recent trends in Germany and Europe *Biorisk* **5**: 253–286.

Katastrophen – Wahn und Wirklichkeit

UDO PEIL

Försterkamp 9, 38302 Wolfenbüttel



1. Einführung

Gefahren und Katastrophen sind offenbar allgegenwärtig: Fabriken, Hochspannungsleitungen, Mobiltelefonsender, Gentechnik, Blitzschlag, zerborstene Öltanker, Atomkraftwerke, Holzschutzmittel, Ozonloch, Waldsterben, Tsunamis, Erdbeben, Stürme, Klimakatastrophe, Killerzwiback, Dioxin, DDT, SARS,

* Der Vortrag wurde am 12.02.2010 in der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

Hühner- und Schweinegrippe, aber auch Hühnereier – sie könnten Salmonellen enthalten – werden deutlich als Risiken wahrgenommen. Doch wie die Risiken bewertet werden, ist ganz unterschiedlich und steht oft im krassen Gegensatz zum objektiven Größe des Risikos.

Die Abwägung von Risiken hängt ab von der persönlichen Kenntnis der Gefahr und der Einschätzung der eigenen Fähigkeiten, mit dieser Gefahr umzugehen. Eine der wesentlichen Ursachen für die starke Ablehnung der Kernenergie ist das Gefühl, etwas gänzlich Unbekanntem und Unbeeinflussbarem ausgeliefert zu sein.

„Wir stören uns an der Mücke auf der Haut, während wir von einem Elefanten totgetrampelt werden“, sagte Rolf Großklaus vom Fachgebiet Ernährungs-epidemiologie des (inzwischen aufgelösten) Bundesgesundheitsamtes (BGA) in Berlin. „Es ist sehr schwer, der Bevölkerung ein Risikobewusstsein beizubringen.“

Vielen Experten machen deshalb nicht die Risiken in der Bundesrepublik, sondern die übertriebene Angst vor Risiken Sorgen. Vor einer falschen Gewichtung von Gesundheitsgefahren, einer „gefährlichen Hysterie“, warnten Wissenschaftler auf einem Treffen des baden-württembergischen Hartmannbundes Ende August 1992 in Schwäbisch Gmünd. (Tagesspiegel Berlin, 31.08.1992)

Die Umweltangst stellt nach Ansicht von Prof. Hans Hoffmeister, Leiter des Instituts für Sozialmedizin des Bundesgesundheitsamtes Berlin, inzwischen ein „eigenständiges Gesundheitsrisiko“ dar. Bei einem rationalen Umgang mit dem Thema Umwelt und unter Verzicht auf unnötige Umweltängste wäre der Gesundheitszustand der Deutschen noch besser als ohnehin schon, sagte Hoffmeister in einem Vortrag. Für die Wissenschaft seien die Umweltängste der Bevölkerung „weitgehend irrational“. Objektiv gehe es den Deutschen so gut wie nie.

Aber wie groß sind die Gefahren denn nun objektiv? Dies wird deutlich an der Tabelle der sog. Sterbewahrscheinlichkeit, die in [Peil 2008] dargestellt und aus [Proske 2004] entnommen ist.

2. Wahrnehmung der Gefahren

Die Gefahren werden dennoch ganz anders wahrgenommen, als in [Peil 2008] dargestellt:

Das Leben war noch nie so sicher und gesund wie jetzt, sagen die einen. Sie verweisen auf die Lebenserwartung, die nach wie vor in den entwickelten Staaten steigt – trotz Luftverschmutzung, Waldsterben, Ozonloch, Vogelgrippe, SARS, BSE und Dioxin.

Das Leben wird immer gefährlicher, sagen die anderen, eben wegen Luftverschmutzung, Waldsterben, Ozonloch, Vogelgrippe, SARS, BSE und Dioxin. Sie meinen die Folgen der biologischen und ökologischen Schäden. Pestizide bringen uns nicht gleich um, aber zusammen mit anderen Umweltgiften ist der schleichende Tod unausweichlich [Mackenthun 2008].

Das Problem liegt in der subjektiven Bewertung der Risiken: Bei kleinen Risiken schlagen wir Alarm, über große Risiken gehen wir hinweg. Die folgende Tabelle 1 macht das deutlich.

Tabelle 1: Vergleich der tatsächlichen und der vermuteten Gefahren.

Tote pro Jahr Deutschland	Ursache	Tödliche Menge mg	Risiko in öffentl. Meinung
200.000 bis 400.000	falsche Ernährung (zu fett, zu viel, einseitig)	-	mittel
> 50.000	Alkohol	-	mittel
10.000	Mikroorganismen (Krankenhauskeime, Salmonellen, Botulinus-Stoffwechseltoxine)	Botulinus: 0,000.000.03 Tetanus: 0,000.000.1 Ricin: 0,003 Diphtherie: 0,02	gering
0–100	Natürliche Gifte (Blausäure, Hämagglutinine, Solanine,...)		sehr gering
0	DDT	10.000–30.000	sehr hoch
1	Seveso-Dioxin	0,07	sehr hoch
0	Nahrungszusatzstoffe		hoch
0 (weltweit)	gentechnisch veränderte Lebensmittel		sehr hoch
0	Mikrowelle		mittel bis hoch
0	UHT-Erhitzung		mittel

Man erkennt, dass die wahrhaft hochgiftigen Substanzen natürliche sind, obere Hälfte der Tabelle. Das Stoffwechseltoxin des Botulinus-Bakteriums (Fleischvergiftung) ist ca. eine Million mal giftiger als das berühmte Seveso-Dioxin, an dessen Auswirkungen auch bei der Seveso-Katastrophe kein Mensch gestorben ist, bis auf eine Ausnahme: dem Direktor der Fabrik, der von den Roten Brigaden aus Rache erschossen wurde.

Trotz der extrem geringen Letaldosis und der hohen Todesrate wird das Risiko der Fleischvergiftung dennoch in der öffentlichen Meinung als gering angesehen, vermutlich, weil man eines „natürlichen“ Todes stirbt. Falsche Ernährung ist der Haupttodesverursacher (Der Tod lauert im Kühlschrank!), das entsprechende Risiko wird aber in der öffentlichen Meinung allenfalls nur als mittel bewertet.

Ganz anders als bei den natürlichen Gefahren ist die öffentliche Meinung dagegen bei anthropogenen Gefahren, untere Hälfte der Tabelle: Die **Gefährdung durch DDT** wird als sehr hoch angesehen, dies ist sicher auch eine Spätfolge der Anti-DDT Kampagne der 70er Jahre des letzten Jahrhunderts. Nachdem man das DDT abgeschafft hatte, starben jedes Jahr Millionen Menschen an der Malaria in den tropischen Gebieten, infolge einer Übertragung des Krankheitserregers durch einen Stich der Anopheles-Mücke, die nun nicht mehr durch DDT vernichtet werden konnte.

Es hat weltweit keinen einzigen Todesfall und keine Gesundheitsbeeinträchtigung bedingt durch DDT gegeben. Marek Ortelee vom U.S. Public Health Service [Ortelee 1958] untersuchte eine größere Gruppe Arbeiter, die in der DDT-Produktion beschäftigt waren und die beim Entleeren der Produktfilter mit ihren Gummistiefeln in Tonnen des Insektizids herumwateten. Er fand keinerlei gesundheitliche Beeinträchtigungen, obwohl die Betroffenen über Jahre hinweg der 200fachen Belastung eines Amerikaners ausgesetzt waren. [Ortelee, 1958].

Ein anderes Beispiel ist die Montrose Chemical Cooperation in Kalifornien, die von 1947 bis 1982 nichts anderes als DDT produzierte. Man untersuchte langjährig tätige Arbeitnehmer und fand, dass ihr DDT-Spiegel im Körperfett bis zu 647 ppm (parts per million) betrug. Das ist die 80 fache Belastung eines Durchschnittsamerikaners. Beim offenen Hantieren mit dem „Ultragift“ inkorporierten diese unfreiwilligen menschlichen Versuchskaninchen täglich etwa 18 mg – ohne jegliche Gesundheitsbeeinträchtigungen: [Law 1967] S.774.

In den fünfziger Jahren wurde in den USA Gefängnisinsassen, die sich freiwillig zur Verfügung stellten, über einen längeren Zeitraum täglich bis zu 35 mg DDT verabreicht. Das ist das Tausendfache der Belastung des Durchschnittsamerikaners während der höchsten Belastungsphase als DDT noch tonnenweise versprüht wurde. Bei den Gefangenen wurden auch nach längerer Zeit keinerlei Schäden irgendwelcher Art beobachtet, auch keine erhöhten Leberwerte (siehe: WHO 1993 [Obenland 1999]). Dennoch gilt dieses Gift als Menschen- (also Teufelswerk) und wird deshalb als sehr hohes Risiko bewertet. Nachdem man es in Indien wieder einführte, ging die Sterblichkeitsrate infolge Malaria auf Null zurück.

In diesem Kontext Wahrnehmung und Wirklichkeit von Katastrophen noch einige Worte zur sog. anthropogenen **CO₂-Klimakatastrophe**. Auch hier wird – aus politischen Gründen (s.u.) – der Mensch zum Verantwortlichen für die Freisetzung dieser Substanz gemacht. US-Präsident Obama nannte das lebensnotwendige CO₂ sogar einmal ein Gift! Der Vorteil einer CO₂-Ursache für einen Klimawandel liegt für die Agitatoren natürlich auch darin, dass CO₂ nach Chemie aussieht – und das trifft sich prächtig, denn Chemie ist natürlich generell ein Teufelswerk, sie vergiftet die Umwelt, ...obwohl unsere mittlere Lebenserwartung gerade wegen der Leistungen der Chemie in den letzten 20 Jahren um ca. 4 bis 5 Jahre gestiegen ist. Aber zurück zur sog. Klimakatastrophe:

Es ist wohl weitestgehend unbestritten, dass die mittlere Temperatur der Erde seit mehreren Jahrzehnten ansteigt, die Diskussionen entzündeten sich an der oder den Ursachen. Die Erdtemperaturen waren stets einem Wechsel ausgesetzt, man denke nur an die Eiszeiten, die letzte große, die sog. Weichsel-Eiszeit, die Europa teilweise mit kilometerdicken Eisschichten bedeckte hatte, fand vor ca. 10.000 Jahren innerhalb sehr kurzer Zeit durch plötzliche Erwärmung ihr Ende. Die kleine Eiszeit, in deren Auslauf wir derzeit leben, hatte ihr Temperaturminimum um ca. 1650. Das war die Zeit als Pieter Brueghel, Aert von der Neer u.a. ihre berühmten Bilder mit schlittschuhlaufenden Bauern auf Holländischen Kanälen malten. Seitdem ist die Temperatur (glücklicherweise) stetig gestiegen.

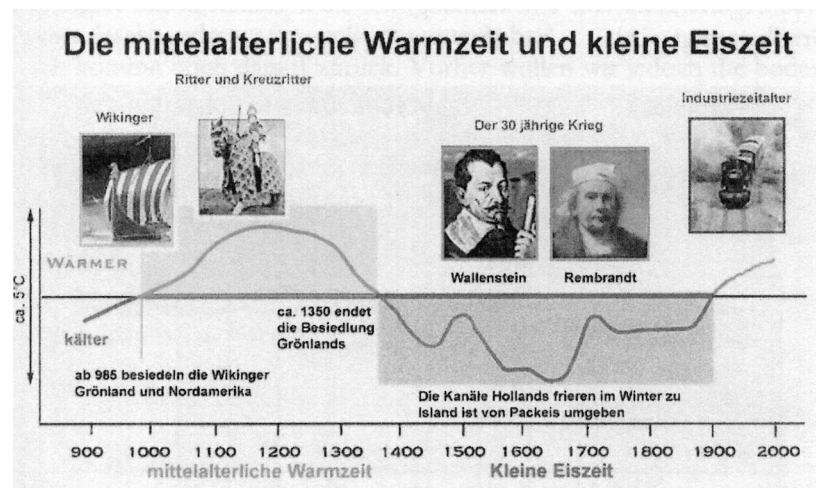


Bild 1: Verlauf der mittleren Erdtemperatur in den letzten ca. 1000 Jahren [Argus 2007]

Bild 1 ist dem Büchlein [Argus 2007] entnommen, es zeigt die mittlere Temperatur der letzten ca. 1000 Jahre. In der mittelalterlichen Warmzeit, als Wein in Norwegen angebaut wurde und die Menschen genug zu essen hatten, gab es nur wenige Kriege, entdeckten die Wikinger Grönland – das heutige Grönland völlig ohne Eis – und errichteten dort einen fruchtbaren Ableger ihres damaligen Reiches.

In der folgenden kleinen Eiszeit mit ihrem Temperaturminimum um ca. 1650 ging es den Menschen schlecht, es gab nicht genug zu essen, als Folge brachen Kriege aus, auch wenn die unmittelbaren Anlässe andere waren, z.B. der 30jährige Krieg von 1618–1648. Auch die frühneuzeitlichen Hexenverfolgungen fallen in diese Zeit, man sucht Verantwortliche (wie auch heute!). Das Temperaturminimum liegt etwa zeitgleich mit dem sog. Maunder-Minimum, einer Periode stark verringerter Sonnenfleckaktivität in den Jahren zwischen 1645 und 1715, was viele Physiker hier einen Zusammenhang vermuten lässt. Als Ursache für die Kleine Eiszeit werden ein verstärkter Vulkanismus sowie eine geringere Aktivität der Sonne angesehen, deren Folge ein geringerer Teilchenausstoß war. Diese Teilchen wirken als Kondensationskerne für die Wolkenbildung in der Atmosphäre, was dann zu einer Abkühlung führt. In der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts war die Sonne ungewöhnlich aktiv. Möglicherweise ein Grund für die Temperaturabnahme in dieser Zeit, man prophezeite uns sogar eine neue Eiszeit, und das, obwohl die CO_2 -Konzentration auch zu der Zeit weiter anstieg.

Die immer wieder als sehr ungewöhnlich ins Feld geführte Geschwindigkeit des derzeitigen Temperaturwechsels ist auch beim Ende der Weichsel-Eiszeit weit übertroffen worden. Damals kippten die Temperaturen innerhalb eines Jahres [Baruch 2009].

Der menschliche Beitrag zur CO_2 -Bilanz beträgt ca. 2%. Allein durch das Atmen werden von der gesamten Menschheit etwa das 2 bis 5fache der CO_2 -Produktion sämtlicher Verbrennungsmotoren dieser Welt erzeugt.

Die Atmosphäre besteht zu ca. 78% aus Stickstoff, zu ca. 21% aus Sauerstoff. Das restliche Prozent teilen sich Edelgase und andere. Der reine CO_2 -Gehalt der Atmosphäre beträgt 0,35%, 98% hiervon, das sind 0,34%, entstehen ohne den Menschen durch natürliche Verwesungsprozesse etc. Der verbleibende zwei-prozentige anthropogene Restbeitrag entspricht bei einer 100 m-Strecke ~ ca. 1 mm. Das ist unser CO_2 -Einfluss auf das Klima.

Die Wärmeabsorption in der Atmosphäre durch CO_2 beträgt schon seit Jahrhunderten fast 100%, d.h. die „Isolierglasscheibe“ in der Atmosphäre ist schon seit Jahrhunderten so gut wie geschlossen für Wärmestrahlung, die von der Erde in den Weltraum möchte [Hug 1998]. Diese wird von der CO_2 -Schicht absorbiert und nach dem Kirchhoffschen Strahlungsgesetz wieder zurückgeworfen. Sie kann die Erde also nicht verlassen.

Selbst nach Angaben des International Panels on Climate Change (IPCC), das eher durch Panik-Verbreitung aufgefallen ist, ist der reine CO₂-Anteil an der Temperaturerhöhung gering, so würden 100% mehr CO₂ in der Atmosphäre einen zusätzlichen Treibhauseffekt von nur 1% bewirken. Das wäre natürlich ein Effekt, der keinem Angst macht. Also führte man ein neues Argument ein: auch durch geringe Erwärmung wird Wasserdampf freigesetzt, und dies ist ein sehr klimawirksames Gas. Danach müsste ein steigender CO₂-Gehalt auch einen steigenden Wasserdampfgehalt der Atmosphäre zur Folge haben. Dem ist aber nicht so. Beide Größen sind überhaupt nicht korreliert, der Wasserdampfgehalt springt zufällig rauf und runter und das bei stetig steigendem CO₂-Gehalt der Luft.

Ein wesentlicher Grund, mit den Ergebnissen der Klimaprognosen sehr vorsichtig umzugehen, liegt in der Art ihrer Entstehung: Sie beruhen auf reinen Modellrechnungen. Die zugrundeliegenden Modelle können naturgemäß weder verifiziert noch – und das ist viel wichtiger – falsifiziert werden, dies ginge ggf. frühestens nach einigen hundert Jahren, viel zu spät für die heutigen Modellentwickler. Deshalb sind die Modelle gemäß den Überlegungen des Wissenschaftsphilosophen Karl Popper als wissenschaftlicher „Sondermüll“ unverzüglich zu entsorgen. Mit solchen Modellen kann man alles beweisen.

In seiner „Logik der Forschung“ entwickelt Popper [Popper 1934] den Gedanken, dass der Mensch nie sicher sein kann, ob die Wahrheit gefunden wurde. Wissenschaftliche Theorien können demzufolge nicht verifiziert (auf Wahrheit geprüft) werden, allenfalls validiert (geprüft, ob die gefundenen Werte mit der Theorie zusammenpassen) werden. Deswegen fordert Popper, nicht um Beweis und Verifikation sondern um das Gegenteil, Widerlegung und Falsifikation von Theorien bemüht zu sein. Beim Versuch zu beweisen, wird nämlich nur betrachtet, was die Theorie stützt, nicht jedoch, was ihr widerspricht. Hierbei besteht die Gefahr des Dogmatismus, verkürzt: Sachverhalte lediglich zu behaupten. Dogmatiker vermeiden, ihre Meinungen der kritischen Prüfung auszusetzen, denn sie suchen nur nach der Bestätigungen ihrer Theorien oder Aussagen. Phänomene und Ereignisse werden so interpretiert, dass sie in die Theorie passen. Widersprechendes wird ausgeblendet, uminterpretiert oder als irrelevant abgetan. Kritik wird übelgenommen und negativ sanktioniert, heute im Bereich der CO₂-Klima-Debatte deutlich zu wahrzunehmen.

In [Rittaud 2010] wird von einem Mathematiker gezeigt, dass die verwendeten mathematischen Algorithmen, die z.B. zu der berühmten sog. Hockeystick-Kurve der Temperaturentwicklung von Michael Mann geführt haben (bei der er – am Rande bemerkt – die mittelalterliche Warmzeit und die dann folgende kleine Eiszeit einfach ausblendet, weil sonst der Temperaturanstieg als schon mal dagewesen, also normal erschienen wäre?), immer zu solchen plötzlich ansteigenden Ergebnissen führen, auch wenn man ganz andere Eingangsdaten, z.B. Börsenkurse verwendet.

Die verwendeten Modelle sind sehr komplex und stark nicht linear. Stark nicht-lineare Systeme und auch deren Modelle neigen zu chaotischem Verhalten, bei dem bereits minimale Änderungen der Anfangsbedingungen zu einem völlig anderen Systemverhalten führen. Bekannt ist das Gedankenbeispiel des Schmetterlings im Centralpark, der durch seinen Flügelschlag zum indirekten Auslöser einer Tornados wird.

Den als Gegenargument immer wieder genannten absoluten Konsens in der Wissenschaft zu den Fragen der anthropogenen Ursache der CO₂-Klimakatastrophe gibt es nicht, wie kürzlich eine Untersuchung des Medienwissenschaftlers Prof. Kepplinger aus Mainz zu diesem Thema ergab [Kepplinger, Post 2007]. Hier zeigt sich eher eine unglaubliche Verunsicherung auch über elementare Basisannahmen und Aussagen. So halten z.B. nur 1% von 133 befragten renommierten Klimaforschern bereits heute die Voraussetzungen einer zuverlässigen Berechenbarkeit des Klimas für gegeben [Kepplinger, Post 2007].

Wissenschaft wird von der Skepsis getragen. Es gibt viele Gründe, die Ergebnisse der modernen Klimaforschung zu bezweifeln. Einige sind oben dargestellt. Eines der Probleme besteht aber darin, dass viele Klimaforscher mittlerweile vom Forscher zum Politiker mutiert sind. Popper schreibt dazu:

Die Intellektuellen machen aus Theorien Ideologien. Selbst in der Physik gibt es leider viele Ideologien. (...) Wer nicht mit der Mode geht, der steht bald außerhalb des Kreises derer, die ernst genommen werden.

3. Reaktionen der Menschen

Die öffentlichen Reaktionen auf die allfälligen Katastrophen sind immer enorm, siehe z.B. derzeit den Dioxin-Lebensmittel-Skandal. Nicht nur die Medien spielen virtuos auf diesem Klavier, auch die Politik übernimmt gern die Partitur und spielt attaca weiter, häufig sogar vierhändig. Anschließend schlägt der „Wutbürger“ auf die Tasten. Weshalb reagieren wir so stark auf solche Vorfälle?

Wir sind abhängig von der Meinung Anderer!

*Es sind nicht so sehr die Tatsachen,
die in unserem Sozialleben entscheiden,
sondern die Meinungen der Menschen über die Tatsachen,
ja die Meinungen über die Meinungen*

sagte (frei übersetzt) der stoische Philosoph Epiktet (geb. um 50 n. Chr.) und beschreibt damit ein Phänomen, das auch heute in gleicher Weise gültig ist.

Ulrich Beck, Begründer des Begriffes der Risikogesellschaft, bei der Technik und Wissenschaften einen steten, fieslen Kampf gegen Gesellschaft und Natur

führen, schürte die entsprechenden Ängste. Günther Anders, einer der Vordenker der Anti-Atombewegung, formulierte:

*Habe keine Angst vor der Angst,
habe Mut zur Angst.
Auch den Mut, Angst zu machen.
Ängstige deinen Nachbarn wie dich selbst!*

So werden und wurden in Deutschland Ängste vor Wissenschaft und Technik geschürt. „German angst“ und „le waldsterben“ sind u. a. schon in andere Sprachen eingegangen, und das, obwohl es ein Waldsterben nie gegeben hat. Die Angst ist ein starker Steuerungsfaktor in Deutschland:

- Aus Angst vor der Öl-Abhängigkeit investierte man in Kernenergie.
- Aus Angst vor Radioaktivität stieg man aus der Kernenergie wieder aus.
- Aus Angst vor dem Treibhauseffekt steigen wir sicher bald wieder ein.

Die entstehenden Ängste sind auch politisch gewollt. Dazu sagt der Zukunftsforscher Matthias Horx [Horx 2007]: *Viele andere Elemente von panischen oder hysterischen Stimmungen in der Bevölkerung entstammen natürlich auch viel tieferen psychologischen Schichten. Gerade in Sachen Klimakatastrophe. Betrachten Sie einmal die Bilder, die da gebracht werden: die Sintflut, das Schmelzen des Eises, die Glut der Sonne, vordringende Wüsten. Das sind die alten Motive der zentralistischen Religionen. Ich versuche herauszuarbeiten, wie gefährlich die Politik ist, die man mit diesen Bildern betreiben kann. Wenn man diese Chiffren, diese Deutungen beherrscht, kann man alles verlangen. Nicht nur totalitären Gehorsam, das kann bis zur Selbstkasteiung und -vernichtung gehen. Das ist genau das Motiv, das wir in der Klimakatastrophe sehen. Das ist eine Schuld-und-Sühne-Religion, die sich hier auch entwickelt.*

Also frei nach Goethes Mephistopheles in der Schülerszene des Faust I gilt auch hier:

*Mit Ängsten lässt sich trefflich streiten,
mit Ängsten ein System bereiten,
An Ängste lässt sich trefflich glauben,
Von einer Angst lässt sich kein Jota rauben.*

Trotz allem medialen Trommeln werden die nach wie vor auftretenden Katastrophen in der Gesamtzahl geringer, deshalb wird der Rest medial um so wertvoller und muss um so vehementer angegangen werden. Der Philosoph Odo Marquard hat dies **Restübelthese** genannt. Beispiel:

a) Wenn alle mehr Wohlstand haben, dann wird Armut ein umso größerer Skandal. In diesem Prozess liegt eine extrem gefährliche, auch pessimistische Egozentrik.

b) Die mittlere Lebenserwartung hat sich in den letzten 20 Jahren um 4 Jahre vergrößert, also muss man die verbleibenden Probleme der Medizin umso heftiger kritisieren („fiese 2-Klassen Medizin“).

Ein ganz wesentlicher Antreiber der öffentlichen Empörung ist, wie schon bemerkt, die Presse oder sind allgemein die Medien: Medial „kostbare Übel“ werden gezielt mit Blick auf Umsatz ausgeschlachtet. Was gefährlich ist und was nicht, bestimmt nicht die Wissenschaft, sondern die veröffentlichte Meinung. So gibt es:

- überzogene Presseberichte über tatsächliche oder vermutete Probleme: Klima“katastrophe“, Killerzwieback.
- Medien schreiben opferorientiert: 2 Tote im Zusammenhang mit der Einnahme eines Medikaments sind eine Meldung wert, aber nicht wieviel Menschenleben durch die Einnahme gerettet wurden.
- 20 Tote bei einem Busunglück werden medial groß herausgestellt, nicht aber die ca. 8.000 jährlichen vereinzelt Verkehrstoten.
- unangemessene Gewichtung von Fakten: z.B. Häufung von Meldungen über Busunglücke in aller Welt. Es wird der Eindruck erweckt, als habe sich ihre Zahl erhöht.

Fazit: Die Medien rufen tendenziell zu übertriebene Risikovorstellungen hervor, sie warnen zu massiv, nach dem bekannten Motto: Only bad news are good news!.

Technik- oder wissenschaftsinduzierte Risiken werden stets übertrieben, da hierbei eine Empörung gegen den Risikoeerzeuger mobilisiert werden kann. Bei Naturkatastrophen, für die anthropogene Ursachen entfallen, ist es eher umgekehrt.

„Gerade bei zugespitzten Krisen überlagern medieninterne, kommerzielle Überlegungen die Berichterstattung, so dass kaum noch entscheidbar ist, ob es sich um eine reale Krise oder um eine Krise der Berichterstattung handelt,“ sagt der schon erwähnte Kommunikationswissenschaftler Prof. Kepplinger aus Mainz [Kepplinger 1989]. Er schreibt weiter: *Das Berufs-Selbstbild der Journalisten hat sich gewandelt. Sie verstehen sich nicht mehr unbedingt als neutrale Berichterstatter, sondern zunehmend als Transporteur von Kritik beziehungsweise nehmen selbst die Rolle des Kritikers ein* [Kepplinger 1989].

Die Medien gehen bei der Warnung von Risiken kein Risiko ein: Entweder sie sind nicht gehört worden (wenn etwas passiert), oder ihre Warnung war erfolgreich (wenn nichts passiert). In beiden Fällen haben sie Recht, das heißt sie haben immer Recht. (Der Fall, dass etwas passiert, und die Medien haben nicht gewarnt, bleibt hier außer Betracht.) (Vgl. FAZ, 24.03.1993, „Wovor soll man warnen?“)

3. Schlussfolgerungen

Sorgt euch um die wahren Probleme, um die wahren Gefahren und Risiken, sei mein Petitem und Schlusswort. Dem Bauern in Bangladesh nützen Milliardeninvestitionen in eine CO₂-reduzierte Produktion nichts. Oder die riesigen Summen, die derzeit in dubiosen CO₂-Emissions-Handelsketten versickern. Das Geld wäre besser in Bangladesh in Deiche investiert, als z.B. in CO₂-Speicherungsverfahren. Was passiert eigentlich, wenn in einigen Jahren das unterirdisch gespeicherte CO₂ sein Versteck wieder verlässt?

Wir stecken Milliarden in Asbestsanierung oder Dioxinbekämpfung, obwohl ungesunde Ernährung und Bewegungsmangel die bei weitem größte Todesursachen darstellt.

Entgegen dem belegbaren Wissen werden Unsummen für den Verzicht auf Nahrungszusatzstoffe ausgegeben, während zehntausende Bundesbürger jährlich an Lungenkrebs aufgrund ihres Zigarettenkonsums sterben.

Und: Diskutiert die Probleme so, wie es zumindest früher in der Wissenschaft üblich war: offen auch für Gegenargumente und nicht einseitig dogmatisch, so wie es Prof. Hubert Markl, der frühere Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG und der Max Planck Gesellschaft, einmal bitter konstatierte: *Lug und Betrug sind heute integrale Bestandteile des Forschens.*

In Deutschland hat sich darüber hinaus das sog. Gutmenschentum mit moralin- getränkter Gesinnungsethik so ausgebreitet, dass eine der Wahrheit verpflichtete Diskussion geradezu verhindert wird. Über vieles kann heute nicht mehr diskutiert werden, z.B. ob die carbozentrierten Erklärungen des Klimawandels überhaupt haltbar sind. Kritiker, die die anthropogenen CO₂-Emissionen als Ursache für die Erderwärmung bezweifeln, werden Klimälügner oder -leugner genannt. Dieser Begriff ist aus zwei Gründen interessant: Eine Lüge ist eine Aussage, von der der Lügner weiß oder vermutet, dass sie unwahr ist, die aber mit der Absicht geäußert wird, dass der oder die Empfänger sie trotzdem glauben. Von Unwahrheit spricht man, wenn die Aussage tatsächlich nicht korrekt ist, der sich Äußernde das aber nicht weiß. Ein Lügner ist also ein moralisch minderwertigerer Mensch als jemand, der nur etwas Falsches, die Unwahrheit sagt. Zum Zweiten ist die sprachliche Nähe zum Holocaust-Leugner bemerkenswert und sicher auch gewollt. Goethe würde heute vielleicht formulieren:

*Ein Gutmensch ist ein Teil von jener Kraft,
die stets das Gute will und stets das Dumme schafft.*

Den Triumph radikaler Minderheiten, die nie die Mehrheit repräsentieren und dennoch geschlossen den Ton vorgeben können, beschrieb ebenfalls der weit-sichtige Goethe im Walpurgisnachtstraum des Faust I:

*„Von dem Sumpfe kommen wir,
Woraus wir erst entstanden;
Doch sind wir gleich im Reihen hier
Die glänzenden Galanten.“*

Literatur

- ARGUS (2007): Die Klimakatastrophe – was ist dran? Thuß & van Riesen Medienverlag GbR, Jena.
- BARUCH (2009): La bascule ultrarapide du climat. La Recherche Janvier 2009, No 426, 50-52.
- HORX (2007): Anleitung zum Zukunftsoptimismus. Warum die Welt nicht schlechter wird. Campus-Verlag, Frankfurt.
- HUG (1998): Klimakatastrophe – Ein spektroskopisches Artefakt? Chemische Rundschau 4, S. 9.
- KEPPLINGER (1989): Künstliche Horizonte. Folgen, Darstellung und Akzeptanz von Technik in der Bundesrepublik. Campus Verlag, Frankfurt am Main.
- KEPPLINGER & POST (2007): Die Klimaforscher sind sich längst nicht sicher. In: Die Welt, 25.
- LAW et al. (1967): Arch. Envir. Health, 15, S. 774.
- MACKENTHUN (2008): Was ist gefährlich? Alle Gefahren von Acrylamid bis Anthrax und zurück. Internetauftritt: <http://home.arcor.de/g.mackenthun/risk.htm>.
- O BENLAND (1999): ARGUK-Umweltlabor, Oberursel.
- ORTELEE (1958): AMA Arch. Ind. Health. 18, S. 440.
- PEIL (2008): Naturkatastrophen – Risiken und Reaktionen. In: Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, Band LIX, Braunschweig, S. 129–151.
- POPPER (1934): Die Logik der Forschung. J. Springer Verlag, Berlin.
- PROSKE (2004): Katalog der Risiken – Risiken und ihre Darstellung. Eigenverlag Dresden, ISBN3-00-014396-3.
- RITTAUD (2010): Le mythe climatique. Edition du Seuil, Paris.

Optische 3D-Messtechnik: Neue Anwendungen durch digitale Technik*

CHRISTIAN HEIPKE

Institut für Photogrammetrie und GeoInformation, Leibniz Universität Hannover
Nienburger Straße 1, D- 30167 Hannover

Bilder spielen in unserer Gesellschaft eine immer wichtigere Rolle, man denke nur an die immer häufiger zu sehenden Videokameras, an Computerspiele, das digitale Fernsehen oder den täglichen Wetterbericht in den Nachrichten. *Ein Bild sagt mehr als 1000 Worte*, dieses bekannte Sprichwort aus der Werbebranche¹ beschreibt auch viel von der Faszination, die von Photogrammetrie und Fernerkundung ausgeht. In der Vergangenheit wurden Luft- und Satellitenbilder vor allem zur Erstellung topographischer Karten herangezogen; heute dienen sie z.B. zur Erfassung und Aktualisierung von Geoinformationen, die für unterschiedlichste Anwendungen benötigt werden. Genannt seien hier nur die Stichworte Erdbeobachtung, 3D-Stadtmodelle, Fahrzeugnavigation, Küstenschutz und die Funknetzplanung im Mobilfunk.

Wesentliche Charakteristika von Photogrammetrie und Fernerkundung sind die berührungslose Aufnahme, die kurze Aufnahmedauer und damit die Möglichkeit zur Erfassung dynamischer Prozesse, die umfassende flächenhafte und bildliche Dokumentation der aufgenommenen Szene, die Auswertung in drei Dimensionen sowie die Möglichkeit, fast beliebig große Objekte zu bearbeiten. So werden photogrammetrische und fernerkundliche Methoden für verschiedenste Zwecke von der Rasterelektronenmikroskopie bis hin zur Beobachtung ganzer Planeten eingesetzt.

Neben der Aufnahme und Auswertung von Bildern aus Luft- und Weltraum hat sich die Photogrammetrie schon immer auch mit terrestrischen Bildern beschäftigt, also mit Bildern, die von der Erdoberfläche aus aufgenommen wurden. Dieses Gebiet wird bisweilen als Nahbereichsphotogrammetrie bezeichnet; aufgrund größerer Überschneidung mit dem künstlichen oder Computersehen finden sich aber auch die Bezeichnungen computer vision, machine vision und robot

* Der Vortrag wurde am 12.03.2010 in der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

¹ Siehe http://de.wikipedia.org/wiki/Ein_Bild_sagt_mehr_als_tausend_Worte

vision. Anwendungen liegen z. B. in der Industrievermessung, der Medizin, der Archäologie, der Robotik und autonomen Navigation, der Architektur, der Überwachung größerer Anlagen oder der Unfalldokumentation. Auch Bilder, die Touristen im Urlaub aufnehmen und dann ins Internet stellen, sind oft als Basis für photogrammetrische Arbeiten geeignet. Angemerkt sei, dass die Computergaphik als Umkehrung der photogrammetrischen Verarbeitungskette auf denselben mathematischen und physikalischen Gegebenheiten aufsetzt: statt Bilder zu analysieren werden sie z.B. für Computerspiele generiert.

Im Grundsatz geht es in der Nahbereichsphotogrammetrie – wie bei Luft- und Satellitenbildern – um zwei Fragestellungen: um den *Typ der abgebildeten Objekte* (welche Objekte sind auf dem Bild zu sehen, in welche Klasse gehören sie?) sowie um deren *Geometrie* (wo sind die Objekte, wie groß sind sie, welche Form haben sie, auf welchen Trajektorien bewegen sie sich?). Während sich Photogrammetrie und Fernerkundung damit beschäftigen, beide Aufgaben auf der Grundlage digitaler Bildverarbeitung möglichst automatisch zu bewältigen, liegt der Schwerpunkt der optischen 3D-Messtechnik auf der geometrischen Beschreibung der Objekte.

Ziel ist die Bestimmung dreidimensionaler Punkte (in der Industrie liegen die Anforderungen an die Messgenauigkeit z. B. bei bis zu ca. 10 μm in allen drei Koordinatenachsen bezogen auf ein Messvolumen von 1m³), die Ableitung flächenhafter Tiefeninformation (etwa zur Qualitätskontrolle in der Fertigungsindustrie) sowie die Verfolgung von Punkten in dynamischen Szenen (z.B. bei der Bewegungsanalyse in Sport und Medizin, der Vermessung von Verformungen bei Crashtests im Fahrzeugbau oder der Bestimmung von Bewegungstrajektorien von optisch markierten Teilen in Physik und Chemie).

Neben photogrammetrischen Einzelbild- und Hochgeschwindigkeitskameras auf der Basis von CCD- und CMOS-Technologie werden als Sensoren immer häufiger auch Lasersensoren und 3D-Kameras, die mit der so genannten PMD-Technik arbeiten (Photonic Mixer Device) verwendet. Mit PMD-Technik können flächenhaft und direkt Tiefen in Videofrequenz erfasst werden. Damit ist es im Gegensatz zum Laserscanning möglich, die Entfernung zu Objekten auch für dynamische Szenen zu erfassen; im Gegensatz zu Videoaufnahmen liegen die Ergebnisse ohne größere zusätzliche Weiterverarbeitung sofort vor.

Im Vortrag wird die moderne, heute in der 3D-Messtechnik verwendete Sensorik kurz vorgestellt sowie die Weiterverarbeitung der aufgenommenen Bilder beschrieben. Stichworte sind die Sensor- und die Systemkalibrierung, die Bestimmung der Posen (äußere Orientierung) für alle Sensoren, Bildzuordnungsverfahren, Merkmalsverfolgung und Bündelausgleichung zur stereoskopischen Analyse der Bilder, Streifenprojektion und sogenannte shape from X Verfahren zur Ableitung der Oberflächen. Insbesondere in der Forschung spielt dabei der erreichbare Grad an Automation – auch als Voraussetzung für Echtzeitanwendungen – eine große Rolle. Der heutige Stand in Wissenschaft und Praxis wird anhand verschiedener Beispiele anschaulich dargestellt.

Lebenszyklusmanagement für Bauwerke*

HARALD BUDELMANN

Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, TU Braunschweig
Beethovenstr. 52, D-38106 Braunschweig

Lebenszyklusmanagement (Life-Cycle-Engineering, LCE) dient der Sicherstellung der langzeitigen Bauwerksnutzbarkeit unter Zugrundelegung unterschiedlicher Kriterien wie der technischen Sicherheit, der Wirtschaftlichkeit oder ökologischer Anforderungen und ist angesichts des alternden Bauwerksbestandes in Europa eine der großen Herausforderungen für das Bauen in der Zukunft. Die langzeitige weitere Nutzung des Bauwerksbestandes ist nur dann sicher und wirtschaftlich möglich, wenn über den aktuellen Bauwerkszustand und dessen zukünftige Entwicklung zuverlässige Informationen vorliegen.

Für eine fundierte Zustandsbewertung und Lebensdauerprognose werden benötigt:

- Konzepte für Inspektion und Monitoring
- numerische Modellierungsverfahren
- Definition von Schadensindikatoren und inverse Schadensidentifikationstechniken
- stochastische Schädigungs-Zeit-Gesetze (Degradations- und Prognosemodelle)
- Definition von probabilistischen Grenzzustandsfunktionen für die Berechnung der Versagenswahrscheinlichkeit für die Grenzzustände (SLS, ULS).

Eine besondere Herausforderung bei der Modellierung ist, dass Bauwerke zumeist Unikate sind, also hinsichtlich Baustoffen, Bauweisen, Tragkonstruktionen, Beanspruchungen, Alter und Zustand höchst unterschiedlich, und permanenter Veränderung unterliegen, so dass alle benötigten Informationen streuend und zeitveränderlich sind. Deshalb ist es erforderlich, wirklichkeitsnahe Einwirkungs- und Widerstandsmodelle auf probabilistischer Basis zu entwickeln, Sensitivitäten zu berücksichtigen und schließlich zu einer risikobasierten Beurteilung zu gelangen. Dabei müssen die zu Alterung und Abnutzung führenden

* Kurzfassung des Vortrags vom 11.06.2010, gehalten in der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.

Prozesse physikalischer bzw. chemischer Natur auf unterschiedlichen Skalen (Material-, Bauteil-, Bauwerksebene) modelliert werden.

Diesen Fragestellungen widmet sich das aktuelle Forschungsverbundvorhaben „Strategien und Methoden des Life-Cycle-Engineering für Ingenieurbauwerke und Gebäude“, das von der Niedersächsischen Technischen Hochschule (NTH) als Allianz niedersächsischer Universitäten gefördert wird. Der Entwicklungsstand von Sensoren für das Bauwerksmonitoring und von Prognosemodellen sowie künftige Aufgaben werden im Vortrag vorgestellt.

Literatur

HOLST, A., H. BUDELMANN & H.-J. WICHMANN (2010): Korrosionsmonitoring von Stahlbetonbauwerken als Element des Lebensdauermanagements. Beton- und Stahlbetonbau **105**, Heft 12, S. 756-769.

Massiv-parallele numerische Simulation auf Grafikkarten: The poor man's supercomputer?!

MANFRED KRAFCZYK

Museumstraße 6, D-38100 Braunschweig

Die Effizienz und Genauigkeit computergestützter Analysen und Verhaltensprognosen komplexer Systeme in Natur und Technik basieren auf Fortschritten der (numerischen) Mathematik, der Informatik und der technologischen Fachdisziplinen. In dieser Zusammenfassung wird über neue Entwicklungen im Bereich spezieller Hardware (General Purpose Graphics Processing Units, GPGPUs) und ihre Verwendung zur Berechnung komplexer Ingenieurprobleme berichtet. Obwohl über die letzten vier Dekaden die Leistungsfähigkeit der Mikroprozessoren gemessen an der Anzahl von Fließkommaoperationen pro Sekunde (FLOPS) gemäß dem Gesetz von Moore exponentiell zugenommen hat, reicht die Leistungsfähigkeit eines einzelnen Prozessors bei weitem nicht aus, um beispielsweise dreidimensionale und zeitabhängige Strömungsprobleme mit hinreichender Genauigkeit in akzeptabler Zeit zu simulieren. Um diese Problematik zu entschärfen, wurden verschiedenste numerische Verfahren entwickelt, die nach dem *divide et impera*-Prinzip eine mehr oder weniger gekoppelte, parallele Bearbeitung des Gesamtproblems durch Zerlegung in Teilprobleme ermöglichen und so durch die Verwendung von sog. Parallelrechnern bestehend aus bis zu Hunderttausenden von vernetzten Prozessoren (Central Processing Units, CPUs) und einer Gesamtleistungsfähigkeit von ca. einem PetaFLOP (10^{15} FLOPS) eine substantielle Reduktion der Rechenzeit ermöglichen. Solche Großrechner sind jedoch weder für typische kommerziell eingesetzte Berechnungsmethoden geeignet noch für die industrielle Praxis aus Kostengründen relevant. In den letzten Jahren wurde neben den Entwicklungen im Bereich von CPUs insbesondere Anstrengungen unternommen, die Leistungsfähigkeit von GPUs zu erhöhen. Eine spezielle Entwicklungslinie stellen hier die GPGPUs dar, die nicht mehr primär zur Visualisierung dienen, sondern die Funktion numerischer Co-Prozessoren einnehmen. Solche GPGPUs bestehen ihrerseits aus hunderten von so genannten Kernen, auf denen ein Gesamtproblem parallel bearbeitet werden kann.

* Der Vortrag wurde am 08.10.2010 in der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

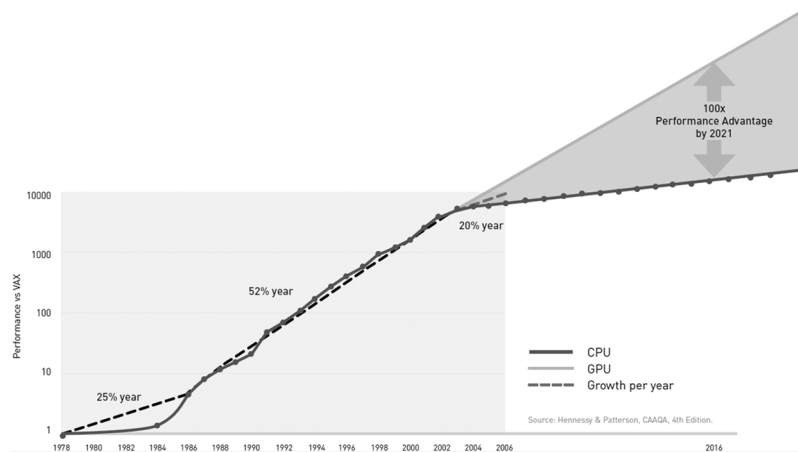


Abb. 1: Extrapolierte Prognose der Leistungsfähigkeit zukünftiger CPUs und GPUs [1].

Falls die problemspezifischen numerischen Algorithmen passend für das den GPGPUs zugrundeliegende Single Instruction Multiple Data (SIMD) Programmierparadigma implementiert werden können, ist man somit in der Lage, aus einem leistungsfähigen PC unter Verwendung von bis zu vier parallel operierenden GPGPUs eine Leistung von mehr als einem TeraFLOP (10^{12} FLOPS) extrahieren zu können [2]. Darüber hinaus können GPGPUs auch über ein entsprechendes Netzwerk gebündelt zum Einsatz kommen wie z.B. im Cluster Ludwig an der TU Braunschweig, wo 96 GPGPUs verteilt an einem Problem eine Gesamtleistung von bis zu 40 TeraFLOP erbringen, wobei in Bezug auf Anschaffungspreis und Unterhaltskosten eine Effizienzsteigerung von bis zu einer Größenordnung in Bezug auf konventionelle CPU-basierte Systeme möglich ist. Insbesondere dieses Preis-Leistungsverhältnis macht GPU-basierte Systeme für einen breiten Kreis von Industrieanwendern interessant, da somit erstmalig die Durchführung von sehr aufwändigen Simulationen möglich ist, ohne massiv in entsprechende Hardware und Systemadministration für einen Parallelrechner investieren zu müssen. Voraussetzung zur Nutzung GPU-basierter Simulationen ist allerdings eine Anpassung der problemspezifischen Berechnungsverfahren an die GPU-spezifische Speicher- und Prozessstruktur, welche durch spezifische Entwicklungsumgebungen und Standards [3, 4] deutlich erleichtert werden.

Ein Modellansatz, der auf GPGPUs sehr effizient zu implementieren ist, basiert auf dem sog. Gitter-Boltzmann-Ansatz [5], bei dem durch sukzessive Vereinfachungen der Boltzmann-Gleichung ein expliziter numerischer Ansatz zur Lösung der schwach kompressiblen Navier-Stokes-Gleichungen abgeleitet werden kann (siehe Abb. 2).

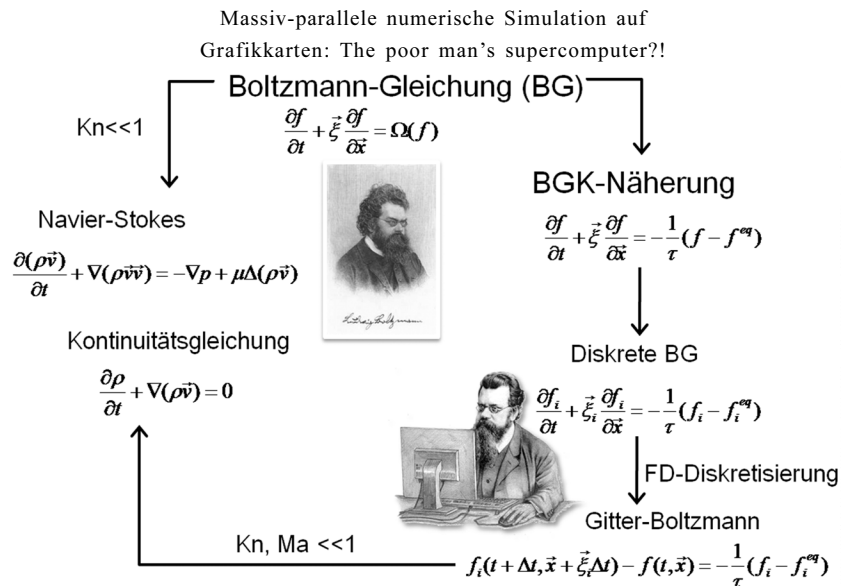


Abb. 2: Ableitung der Navier-Stokes-Gleichung aus der Boltzmann-Gleichung und dem Gitter-Boltzmann-Ansatz.

Exemplarisch sei hier als methodische Validierung der sog. Wellengenerator von Russel [6] aufgeführt, bei dem durch Versenken eines Blockes näherungsweise ein Soliton initiiert wird, dessen Simulation mit GPU-basierten Lattice-Boltzmann-Verfahren in der Dissertation von C. Janßen [7] am iRMB der TU Braunschweig durchgeführt wurde (Abb. 3).

Die zeitabhängige Simulation des gekoppelten Problems einer turbulenten Strömung mit freien Oberflächen und bewegten Rändern mit mehr als 2×10^6 Freiheitsgraden ist auf einer Nvidia C1060 GPU innerhalb weniger Minuten möglich.

Obwohl die Beschleunigung numerischer Berechnungen durch GPGPUs für die hier verwendeten Verfahren mindestens bei einer Größenordnung liegt, ist die Entwicklung und Validierung von Algorithmen optimaler Komplexität (z.B. Mehrgitterverfahren) durchaus noch Gegenstand aktueller Forschung [8], allerdings muss davon ausgegangen werden, dass sich zukünftige Hardwaregenerationen der ExaFLOP-Klasse nicht mehr ohne eine Kombination von CPUs und GPGPUs realisieren lassen [9]. Neben den für dieses ambitionierte Vorhaben umfangreichen Forschungsarbeiten auf dem Gebiet numerischer Methoden und der verteilten Programmierung lässt sich aber jetzt schon eine durch die Verwendung von GPGPUs deutlich gesteigerte Nutzbarkeit moderner dreidimensionaler und zeitabhängiger numerischer Verfahren auch für kleine und mittlere technisch orientierte Unternehmen absehen, denen ein Zugang zu diesen Methoden durch die vergleichsweise unmäßigen Kosten für die Anschaffung und den Betrieb von klassischer paralleler Hardware verwehrt war.

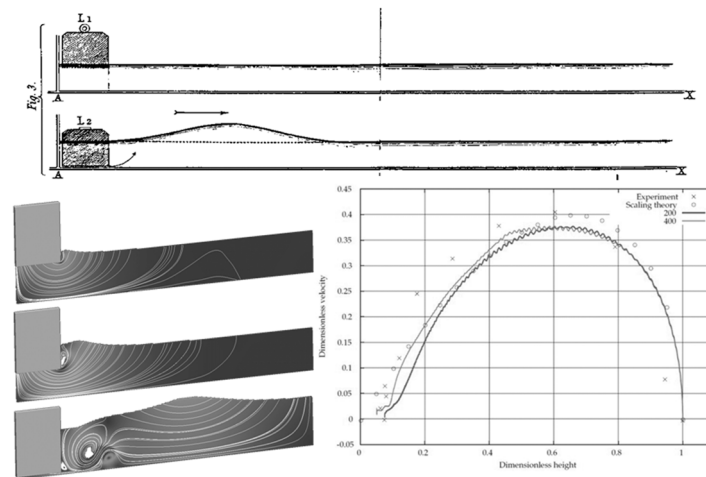


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der Ausbildung einer Welle durch Absenken eines Gewichtes in einem numerischen Wellenkanal [7], rechte Seite: Simulation und Experiment.

Literatur

- [1] <http://www.nvidia.de/object/LO-tesla-brochure-12-lr.html>
- [2] Tölke, J. & M. Krafczyk (2008): 'TeraFLOP computing on a desktop PC with GPUs for 3D CFD', International Journal of Computational Fluid Dynamics, **22**(7): 443–456
- [3] http://www.nvidia.de/object/cuda_home_new_de.html
- [4] <http://www.khronos.org/opencv/>
- [5] KRAFCZYK, M., J. TÖLKE, B. AHRENHOLZ, S. BINDICK, S. FREUDIGER, S. GELLER, C. JANßEN & B. NACHTWEY (2009): Kinetic Modeling and Simulation of Environmental and Civil Engineering Flow Problems, in HIRSCH, E. & E. KRAUSE (Eds.), 100 Volumes of 'Notes on Numerical Fluid Mechanics', Springer, ISBN: 978-3-540-70804-9, 341–350.
- [6] MONAGHAN J.J. & A. KOS (2000): Scott Russell's wave generator. Physics of Fluids **12**: 622–630.
- [7] JANßEN, C. (2011): Enhanced free surface flow simulations using kinetic methods, Dissertation, Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften, TU Braunschweig.
- [8] GÖDDEKE, D. (2010): Fast and Accurate Finite Element Multigrid Solvers for PDE Simulations on GPU Clusters, Dissertation, Fakultät für Mathematik, TU Dortmund.
- [9] DALLY, B. (2010): GPU Computing to Exascale and Beyond, Vortrag Supercomputing, http://www.nvidia.com/content/PDF/sc_2010/theater/Dally_SC10.pdf

Das Adagium des Erasmus "Festina lente" (Eile mit Weile) und die Kunst der Embleme*

WALTHER LUDWIG

Reventlowstr. 19, 22605 Hamburg

Die umfangreichen und oft gedruckten Sprichwörtersammlungen des Erasmus, die er *Collectanea Adagiorum* (Sprichwörtersammlung) und *Adagiorum Chiliades* (Tausendfache Sprichwörter) nannte und die über 4000 von ihm kommentierte Sprichwörter enthalten, sind ein Bildungsreservoir für alle Humanisten geworden, die viele dieser Sprichwörter, die wir noch heute benutzen, auch in allen europäischen Sprachen verbreiteten. Darunter ist *Festina lente* nicht nur das meist bekannte und in dieser und in übersetzter Form noch heute benützte Adagium des Erasmus, es ist auch dasjenige seiner Adagien, das Erasmus selbst als sein bestes bezeichnete und mit einem der längsten Kommentare in seinem Sammelwerk versah. Der Ausdruck wurde von Erasmus geprägt, als er im Kreis des venezianischen Druckers Aldus Manutius lebte und 1508 zuerst gedruckt. Er ist eine lateinische Übersetzung des griechischen Imperativs *Σπεῦδε βραδέως* (Eile langsam), den Kaiser Augustus laut Sueton häufig benutzt haben soll und der dann 1541 von Sebastian Franck in der Form "Eile mit Weile" in die deutsche Sprache eingeführt wurde. Aldus Manutius hatte von dem venezianischen Patrizier Pietro Bembo einen Silberdenar des Kaisers Titus geschenkt bekommen, der auf der Vorderseite die Kaiserbüste, auf der Rückseite einen Anker, um den sich ein Delphin schlingt, zeigt. Dieses Bild war im letzten Jahrzehnt des 15. Jahrhunderts von italienischen Humanisten als Symbol für eben diesen Imperativ des Augustus, der zuerst von ihnen mit den Worten *Semper festina tarde* (Eile immer langsam) übersetzt wurde, gedeutet worden, während man heute annimmt, daß der im Jahr 80 – ein Jahr nach dem Vesuvausbruch – geprägte Denar mit diesen Figuren an den Meeresgott Neptun erinnern und sein Wohlwollen erbitten soll. Aldus Manutius hatte die Verbindung von Anker und Delphin im zuerst angegebenen Sinn 1502 zu seinem Druckersignet gemacht, das er auf die Titel- oder Schlußseiten aller seiner Bücher setzte. Erasmus rühmte es als vortrefflich geeignet, um die Tätigkeit dieses berühmten Druckers zu

* Kurzfassung des am 12.03.2010 in der Klasse für Geisteswissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehaltenen Vortrags.

symbolisieren, der für die Humanisten die griechischen und lateinischen Klassiker mit penibler Genauigkeit und zugleich schnell produzierte und empfahl das von ihm formulierte *Festina lente* allgemein wegen seiner einprägsamen Kürze, seiner Verbindung zweier kontrastierender Vorstellungen und seiner immer heilsamen Bedeutung, die den Menschen zu einer sorgfältigen Überlegung und einer raschen Ausführung, zur Beherrschung der Emotionen durch die Vernunft und zur Vermeidung sowohl von sorgloser Untätigkeit als auch von überstürzten Handlungen dränge. Das so hervorgehobene und bereits mit einer Verbildlichung versehene Sprichwort wurde im 16. und 17. Jahrhundert von der damals beliebten Emblemkunst, in der Sinnsprüche mit Sinnbildern verbunden wurden, aufgegriffen und in immer neue Embleme umgeformt, in denen es immer neue Verbildlichungen erhielt. In diesem Zusammenhang wurden in dem Vortrag Embleme von Alciati, Bocchi, Boissard, Camerarius, Reusner, Schoonhoven und van Veen betrachtet, die dieses Sprichwort durch andere Tiere und andere Instrumente und auch durch Menschen und sogar durch eine Pflanze versinnbildlichten. Ein Ziel war zu verstehen, was diese Emblemautoren intendierten und warum gerade dieser Imperativ so favorisiert wurde. Der Vortrag wurde unterdessen in einer etwas erweiterten englischen Fassung unter dem Titel "Erasmus' Adage 'Hasten slowly' and the art of Emblems" veröffentlicht in: *Mittellateinisches Jahrbuch, Internationale Zeitschrift für Mediävistik und Humanismusforschung* 45, 2010, S. 445–458.

Feierliche Jahresversammlung 30. April 2010

Carl Friedrich Gauß-Kolloquium „Leuchtende Zukunft: Licht – Energie – Information“

Green Photonics: Nachhaltige Lösungen für die Zukunft mit Licht

ANDREAS TÜNNERMANN

Friedrich Schiller Universität Jena
Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena

Die Menschheit steht heute vor einer Vielzahl von Herausforderungen in den Feldern Energie, Umwelt, Gesundheit und Ernährung. Das Anwachsen der Weltbevölkerung und die zunehmende Entwicklung von Schwellen- und Entwicklungsländern führen in den kommenden Jahren zu einem ständig steigenden Bedarf an Nahrungsmitteln, Trinkwasser und Energie. Der weltweite Bedarf an natürlichen Ressourcen, insbesondere an Ausgangsstoffen für die Industrieproduktion ist in den vergangenen Jahren auf neue Höchstwerte gestiegen. Wir erkennen an vielen Stellen bereits die Grenzen des Wachstums, bedingt durch begrenzte Vorkommen an fossilen Brennstoffen und Rohstoffen, Klimawandel und Umweltverschmutzung. Wir werden gezwungen sein, unser Verhalten zu ändern und nach Lösungen zu forschen, um die Lebensgrundlagen der Menschheit zu sichern.

Licht ist Energie- und Informationsträger, berührungsloses Werkzeug und Messsonde. Die nachhaltige Nutzung von Licht „Green Photonics“ kann wertvolle Beiträge zur Lösung dieser dringenden Zukunftsfragen leisten:

- *Licht* bildet die Grundlage für eine CO₂-neutrale Energiewandlung
- *Licht* ermöglicht energie- und ressourceneffiziente Prozesse
- *Licht* hilft, Umwelt- und Klimakatastrophen zu beherrschen
- *Licht* liefert Beiträge für sichere Ernährung und Trinkwasserversorgung.

* Kurzfassung des am 08.05.2010 beim Kolloquium anlässlich der Jahresversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehaltenen Vortrags.

Ohne Zweifel werden die Photovoltaik und die *Photothermie*, aber auch die künstliche Photosynthese einen entscheidenden Beitrag für die Energieversorgung der Zukunft leisten. Die Wandlung nur eines geringen Bruchteils des auf die Erde einfallenden Sonnenlichts in elektrische Energie kann weltweit die bestehenden Herausforderungen in der Energietechnik lösen. Ein weiteres prominentes Beispiel für Green Photonics ist heute die energieeffiziente Beleuchtung. Derzeit werden weltweit nahezu 20 Prozent des erzeugten elektrischen Stroms für Beleuchtungszwecke eingesetzt. Durch Maßnahmen – wie den Einsatz von moderner LED-Technik – ist eine Energieeinsparung um mehr als 50 Prozent in der Beleuchtung möglich. Der gezielte Einsatz von Licht kann aber auch das Pflanzenwachstum optimieren oder Trinkwasser entkeimen. Die nachhaltige Nutzung von Licht wird das 21. Jahrhundert bestimmen.

Faszination Kommunikationstechnik: Digitalübertragung – Nanoelektronik – Photonik*

KARL JOACHIM EBELING

Institut für Optoelektronik, Universität Ulm
Albert-Einstein-Allee 45, D-89081 Ulm

1. Einleitung

Die Fortschritte der Kommunikationstechnik in den letzten 20 Jahren sind durchaus als revolutionär zu bezeichnen. Das klassische analoge Festnetztelefon ist längst vom multifunktionalen Mobiltelefon abgelöst. Jedermann ist immer und überall, zu jeder Zeit an jedem Ort der Erde per Handy erreichbar. Das Internet-Lexikon Wikipedia hat den Großen Brockhaus verdrängt, der inzwischen nur noch antiquarisch zu erhalten ist, da Neuauflagen nicht mehr gedruckt werden. Der gesamte Informationsgehalt des 14-bändigen Großen Brockhaus von etwa 50 Megabyte lässt sich bequem digital auf einem winzigen USB-Stick speichern, der kleiner ist als eine 1 Euro-Münze. Voluminöse, Platz raubende Röhrenfernseher werden durch Flachbildschirmgeräte ersetzt, die höhere Auflösung, brillantere Farbwiedergabe und geringeren Energieverbrauch aufweisen. Dank moderner Digitaltechnik beobachten wir eine zunehmende Konversion von Hörfunk, Fernsehen, Telephonie und Internet zu einem umfassenden individuellen Multimediainformationsangebot. Die Übertragung der anfallenden riesigen Datenmengen gelingt letztlich nur optisch über ausgeklügelte Glasfasersysteme, die hoch gezüchtete Laserdioden als Photonenquelle nutzen. Die Verarbeitung der Daten erfolgt mit Mikroprozessoren, die mehrere 100 Millionen CMOS-Transistoren enthalten und deren Leistungsfähigkeit gemäß dem Mooreschen Gesetz ständig ansteigt. Die folgenden Ausführungen geben einen Einblick in Grundlagen, Leistungsmerkmale und Anwendungsbeispiele moderner Kommunikationssysteme.

2. Digitale Kommunikationstechnik

Im Gegensatz zum klassischen Radioempfang, bei dem Schallsignale in analoger Technik naturgegeben elektrisch nachgebildet werden, arbeiten moderne

* Der Vortrag wurde am 30.04.2010 beim Kolloquium anlässlich der Jahresversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

Kommunikationssysteme grundsätzlich digital. Dabei werden Signale durch eine Folge von Nullen und Einsen binär kodiert, beispielsweise als elektrischer Strom oder auch als Licht, die ein- oder ausgeschaltet eine logische Null oder eine logische Eins repräsentieren. Digitale Informationsübertragung kennt man bereits aus der Antike von Fackeltelegraphen in Griechenland oder Rauchzeichentelegraphen im Römischen Reich, mit denen Signale über hunderte von Kilometern geschickt wurden. Eine modernere Variante ist das digitale ISDN-Telephon. Hierbei werden 64 000 Nullen oder Einsen pro Sekunde, entsprechend Bitraten von 64 kilobit/sec gesendet, um Sprache gut verständlich zu übertragen.

Qualitativ hochwertige Stereo-Musikwiedergabe mit dem Compact Disc Player (CD) erfordert weit höhere Datenraten von 1400 kilobit/sec, entsprechend 1.4 Megabit/sec. Mit CDs kann man typischerweise 74 Minuten lang Musik abspielen, was einer gespeicherten Datenmenge von 780 Megabytes entspricht. Fernsehfilme benötigen sogar noch höhere Übertragungsraten von 140 Megabit/sec, die sich jedoch mit effizienten Datenkompressionsverfahren ohne signifikanten Verlust an Bildqualität auf etwa 10 Megabit/sec absenken lassen. Auf DVD-Bildspeicherplatten mit einer Speicherkapazität von 4.4 Gigabyte können Filme oder Videos von zwei Stunden Dauer aufgezeichnet werden. CDs und DVDs von typisch 12 cm Durchmesser werden mit Lasern optisch abgetastet. Strukturen auf der Platte von weniger als einem Mikrometer Durchmesser definieren über die sich ändernde lokale optische Reflektivität Nullen und Einsen im abtastenden Laserstrahl. Noch weit kompaktere Speicher lassen sich seit wenigen Jahren elektronisch in Form eines sogenannten USB Stick realisieren. Speicherchips von 1 cm² Fläche erreichen Speicherkapazitäten von über 4 Gigabyte.

3. Datenübertragung über optische Glasfasern

Digitale Signale lassen sich elektrisch über Kupferdrähte oder hochfrequenztechnisch durch Funk über den freien Raum übertragen. Weit höhere Datenübertragungsraten und Reichweiten erzielt man jedoch bei der optischen Übertragung über Glasfasern, die, dünner als ein menschliches Haar, Durchmesser von nur 125 µm aufweisen. Durch schnelles Ein- und Ausschalten von Laserdioden werden Lichtsignalfolgen mit Datenraten von bis zu 20 Gigabit/sec erzeugt, die in Glasfasern eingekoppelt und am Streckenende sogar noch nach 100 km Länge von Photodioden fehlerfrei in elektrische Signale rückgewandelt werden. Durch Wellenlängenmultiplex, d.h. die parallele Übertragung von Lichtsignalfolgen verschiedener Lichtfarbe, konnten Gesamtübertragungsraten von nahezu unvorstellbaren 10 000 Gigabit/sec, also 10 Terabit/sec über eine einzige Faser demonstriert werden, mit der sich durch Verwendung von Regeneratoren Distanzen von mehreren 1000 km Länge überbrücken lassen. Das bedeutet, dass über eine einzige Glasfaser 150 Mio. Telefongespräche gleichzeitig übertragen werden können, womit die Hälfte aller Nordamerikaner mit

der Hälfte aller Westeuropäer gleichzeitig telefonieren könnte. Das ungeheure Potential der optischen Glasfasertechnik wird auch deutlich, wenn man bedenkt, dass mit Datenraten von 10 Terabit/sec der gesamte Informationsgehalt von 600 Mio. beschriebenen DIN A4-Seiten, einem Papierpacken von 5000 m Höhe, in einer einzigen Sekunde übermittelt werden kann. Die Übersendung eines zweistündigen Fernsehfilms gelingt gar im Bruchteil einer 300-stel Sekunde. Damit bleibt Zeit genug, mit intelligenter Bildverarbeitung in wenigen Augenblicken die interessantesten Szenen des Films herauszupicken und als Trailer zur Einstimmung auf den Film zu nutzen. Bis heute sind mehr als 1 Mio. Kilometer Glasfaserkabel verlegt und jedes Jahr kommen mehrere zehntausend Kilometer, insbesondere auch im Stadtgebiet und Teilnehmer-anschlussbereich hinzu. Das bedeutet, dass für den Internetnutzer künftig immer größere Datenraten zur Verfügung stehen und damit immer neue Diensteanwendungen ermöglichen.

4. Transistoren und Prozessoren

In den vergangenen 50 Jahren hat die Mikroelektronikindustrie epochemachende Entwicklungen hervorgebracht, angefangen von Transistorradio, Videorecorder, Personal Computer, Mobiltelefon und schließlich USB Stick, der vor nicht einmal 10 Jahren entwickelt wurde. In technischen Geräten, Fahrzeugen oder Anlagen sind Computer und Mikroprozessoren heute allgegenwärtig. Ihre Technologie ist ganz entscheidend bestimmt durch CMOS-Feldeffekttransistoren, die als elektronische Schalter logische Operationen durchführen. Leistungsfähige Prozessoren können mehrere 100 Mio. Transistoren enthalten, die mit Taktraten von 2 bis 4 GHz schalten. Gemäß dem Mooreschen Gesetz hat sich die Größe der Transistoren im Laufe der letzten vier Jahrzehnte exponentiell immer weiter verringert. Mit heutiger Technologie werden Transistoren mit charakteristischen Abmessungen (half-pitch) von 45 nm, entsprechend einer Transistor-Gatelänge von etwa 25 bis 30 nm in Massenproduktion gefertigt. Es ist damit zu rechnen, dass die weitere Reduzierung der Transistoren in den nächsten zehn Jahren an eine natürliche Grenze stoßen wird, die durch unvermeidbare Leckströme und schließlich die atomistische Struktur der Bauelemente bestimmt ist.

Die Produktion von Mikroprozessoren ist technologisch höchst anspruchsvoll und erfolgt unter Reinraumbedingungen. Die winzigen Transistorstrukturen werden photolithographisch mit UV-Licht von 193 nm Wellenlänge definiert und durch Trockenätzprozesse in Siliziumwafer übertragen. Die erforderliche Verdrahtung der Transistoren wird durch mehrere Kupfer-Metallisierungsschichten realisiert. Wirtschaftlich arbeitende Waferfabriken zur Produktion leistungsfähiger Mikroprozessoren mit mehreren 100 Mio. Transistoren pro Chip erfordern Investitionen von 5 bis 10 Mrd. Euro.

Mikroprozessoren sind Schlüsselkomponenten in der Kommunikations- und Informationstechnik. Sie steuern die Datenerfassung in Sensorelementen wie

Mikrofonen, Kamerachips oder Photodiodenarrays, sind verantwortlich für die Aufbereitung und Weiterverarbeitung der Daten und schließlich für die Wiedergabe und Darstellung im Audio- oder Videoformat. Prominente Einsatzfelder sind nahezu alle Bereiche der Mensch-Maschine-Interaktion, Bildverarbeitung, Robotik, Personalassistentz, Sichtverbesserung oder Displaytechnik. Die große Herausforderung ist die Beherrschung der wachsenden Komplexität der Prozessorarchitektur, die mit zunehmender Integration von immer mehr Transistoren auf einem Chip möglich wird. Damit lassen sich immer anspruchsvollere Probleme einer Lösung näher bringen, allerdings auf Kosten eines stetig größer werdenden, nahezu exponentiell anwachsenden Programmieraufwandes. Die Optimierung von Prozessarchitekturen hinsichtlich Leistungsverbrauch und Rechengeschwindigkeit bleibt eine der zentralen Herausforderungen insbesondere beim Einsatz in mobilen Systemen.

5. Ausblick

Bahnbrechende Fortschritte der Kommunikationstechnik wurden durch die Vergabe von Nobelpreisen für Erfindung integrierter mikroelektronischer Schaltkreise und hocheffizienter Laserdioden im Jahre 2000 sowie Realisierung dämpfungsärmster optischer Glasfasern und hoch sensitiver Videosensoren im Jahre 2009 gewürdigt. Der Datenverkehr im Internet steigt nach wie vor unaufhaltsam exponentiell an. Hochgeschwindigkeitsdatennetze auf der Basis von Glasfasern mit Datenraten von bis zu 100 Gigabit/sec werden schon in naher Zukunft zunehmend bis in den häuslichen Teilnehmeranschlussbereich vordringen. Die Prozessoren in den Endgeräten werden durch Verwendung von Multiplex- und Demultiplex-Techniken entsprechende Datensätze weiter verarbeiten und der vorgesehenen Anwendung zuführen. Wie heute schon Telephonie über das Internet erfolgt, wird künftig individuelles hochauflösendes Video über das Internet übertragen und womöglich sogar interaktiv situationsabhängige Filmgestaltung ermöglichen. Heute schon gängiges hoch auflösendes Fernsehen (HDTV) mit Flachbildschirmen wird durch Einführung dreidimensionaler stereoskopischer Bildwiedergabetechniken womöglich noch authentischer wirken. Virtuelle Realität wird den Videomarkt weiter zunehmend erobern, vielleicht auch Hilfsmittel sein für die Steuerung von Fahrzeugen in schwierigen Verkehrssituationen.

Es wird erwartet, dass der Trend der Entwicklung in der Kommunikationstechnik mindestens in den nächsten zehn Jahren weiterhin maßgeblich durch die Fortschritte der optischen Glasfasertechnik und der siliziumbasierten Mikroprozessortechnologie geprägt sein wird. Am Horizont aufkommende Quantencomputer werden klassische Verfahren der Digitaltechnik in den nächsten zwei Dekaden wohl kaum auf nennenswerte Weise verdrängen können.

Organische Halbleiter für LEDs und Solarzellen*

WOLFGANG KOWALSKY

Institut für Hochfrequenztechnik, TU Braunschweig
Schleinitzstraße 22, D-38106 Braunschweig

Die in den Jahren 1987 und 1990 veröffentlichten Forschungsarbeiten von Tang und Van Slyke zu organischen Leuchtdioden (OLEDs) aus Aufdampfschichten kleiner Moleküle und von Burroughes zu polymerbasierten OLEDs haben weltweit stürmische Forschungsaktivitäten ausgelöst. Als Anwendungsfelder werden vorrangig der Displaybereich und die Beleuchtungstechnik anvisiert, da OLEDs eine hohe Leistungseffizienz, einen großen Blickwinkel, eine hohe Brillanz bei hohem Kontrast und eine hohe Schaltgeschwindigkeit versprechen.

Durch die Einführung so genannter Triplett-Emitter, die über Spin-Bahn-Kopplung an Schwermetallatomen eine Emission auch aus dem Triplett-Zustand ermöglichen, konnten OLEDs Leistungseffizienzen erreichen, die Glühlampen bei weitem übertreffen und sogar schon an Leuchtstofflampen heranreichen. Als bisheriger Spitzenwert für weiße OLEDs wurde kürzlich eine Leistungseffizienz von über 100 lm/W veröffentlicht.

Als Alleinstellungsmerkmal weisen organische Halbleiter eine ausgeprägte Stokes-Verschiebung zwischen Emission und Absorption auf. Während die Emission im sichtbaren Spektralbereich erfolgt, liegt die Absorptionsbande im UV. Somit werden transparente OLED-Strukturen möglich, sofern der metallische Kontakt durch einen transparenten leitfähigen Kontakt ersetzt wird. Dieser Schritt ermöglicht nicht nur transparente Displays, er öffnet auch für die Beleuchtungstechnik neue Wege, da nun OLEDs zu effizienten Lichtquellen vertikal integriert werden können.

Auch für das zweite Hauptanwendungsfeld organischer Halbleiter nämlich die Photovoltaik kann diese Transparenz in gewünschten Spektralbereichen vorteilhaft sein. Sie ermöglicht nämlich Solarzellen, die nicht das gesamte Sonnenspektrum absorbieren, sondern nur gewünschte Spektralbereiche. Diese teildurchlässigen, farbigen Zellen bieten sich unter anderem für Architekturglas an: Farbige gestaltete Glasfronten an Gebäuden können so zur elektrischen Energiegewinnung genutzt werden.

* Der Vortrag wurde am 30.04.2010 beim Kolloquium anlässlich der Jahresversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

FESTVERSAMMLUNG IM ALTSTADTRATHAUS

PROF. DR.RER.NAT. DR.H.C. JOACHIM KLEIN

Präsident der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

Begrüßung

Meine sehr geehrten Damen und Herren,
verehrte Gäste,
liebe Festversammlung,

Carl Friedrich Gauß hätte seine Freude daran, dass wir gerade heute zu unserer Festversammlung zusammenkommen, in der die Verleihung „seiner“ Medaille im Mittelpunkt steht:

Heute ist der 30. April – und dies ist sein Geburtstag, genauer gesagt, wäre der 255. Geburtstag – und damit erfüllen wir endlich wieder einmal eine Vorgabe unserer Statuten, nach denen die Verleihung eben an diesem Geburtstag erfolgen soll.

Nun ist uns also eine terminliche Punktlandung gelungen, und dazu heiße ich Sie alle sehr herzlich willkommen und danke Ihnen, dass Sie aus Fern und Nah so zahlreich unserer Einladung gefolgt sind. Sie alle sind unterschiedslos unsere verehrten Gäste, gestatten Sie mir dennoch, dass ich einigen wenigen einen besonderen Willkommensgruß entbieten darf:

Mit herzlichem Dank an die Stadt Braunschweig dafür, dass wir wieder einmal unsere Festversammlung in ihrer „guten Stube“, der Dornse, abhalten dürfen, verbinde ich meinen Gruß an Herrn Stadtrat Wolfgang Laczny: Sie, lieber Herr Laczny, nehmen heute als Vertreter des Oberbürgermeisters an unserem Festakt teil und werden damit auch das Grußwort an uns richten. Wir wissen, dass dieses Grußwort gleichzeitig auch eine Art Abschiedswort sein wird, da Sie im Herbst dieses Jahres aus Ihrem Amt als Kulturdezernent ausscheiden werden. Dies gibt aber auch mir die Gelegenheit, Ihnen heute in aller Öffentlichkeit für die langjährige gute Zusammenarbeit, sowohl seitens der BWG allein als auch seitens der ForschungRegion insgesamt herzlich zu danken. Besonders das erfolgreiche Werben um den Titel und den Gewinn des Titels „Stadt der Wissenschaft“ 2007 hat uns verbunden, und dass sich die Stadt in all den Jahren und auch in Zukunft – wenn ich an das Haus der Wissenschaft denke – in besonderer Weise mit der Wissenschaft identifiziert, ist nicht zuletzt auch Ihr Verdienst.

Unsere langjährige Verbundenheit mit der Stadt wird auch durch Herrn Oberbürgermeister a.D. Werner Steffens dokumentiert, den ich hiermit herzlich begrüße.

Wenn ich von den Gästen „aus der Ferne“ sprach, so gilt dies besonders für die Vertreter der Wissenschaftlichen Akademien, deren Anwesenheit uns gleichermaßen ehrt und erfreut. So heiße ich Herrn Werner Lehfeldt, Vizepräsident der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, Herrn Heimo Reinitzer, Präsident der Akademie der Wissenschaften zu Hamburg und Herrn Dietmar Willoweit, Präsident der Bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München in unserer Mitte herzlich willkommen. Ich weiß es besonders zu schätzen, dass Sie unsere Gesellschaft auf diese Weise in die Familie der Landesakademien freundschaftlich einbeziehen.

Die Justiz unserer Region ist durch ihre obersten Repräsentanten vertreten, und so heiße ich Herrn Karl-Helge Hupka als neuen Präsidenten des Oberlandesgerichts Braunschweig und Herrn Norbert Wolf als Generalstaatsanwalt in unserer Mitte herzlich willkommen.

Durch unsere Mitglieder, aber auch durch unser öffentliches Engagement für die Wissenschaft sind wir den Universitäten der Region besonders eng verbunden. Als Vertreter der TU Braunschweig darf ich daher Frau Vizepräsidentin Heike Fassbender und Herrn Vizepräsident Thomas Spengler herzlich begrüßen.

Über die Hochschulen hinaus sind wir eng verbunden mit den anderen Partnern der ForschungsRegion Braunschweig im Engagement für Wissenschaft und Forschung. Auch heute darf ich die Vertreter einiger Institutionen zu unseren Gästen zählen: Herrn Brage bei der Wied, Leiter des Niedersächsischen Staatsarchivs Wolfenbüttel, Herrn Gerd Biegel, Direktor des Instituts für Braunschweigische Regionalgeschichte, Herrn Jochen Block, Institutsleiter am DLR, Herrn Ernst Otto Göbel, Präsident der PTB, Herrn Jürgen Wehland als Wissenschaftlichen Direktor des Helmholtz Zentrums für Infektionsforschung und Herrn Peter Werning als Chefarzt und Vertreter des Städtischen Klinikums.

Wenn ich eingangs von der Verleihung der Gaußmedaille sprach, so ist es nun auch an der Zeit, als besonderen Ehrengast den Träger der Gaußmedaille 2010 Herrn Dr. Klaus Streubel und seine verehrte Frau Gemahlin in unserer Mitte herzlich zu begrüßen.

Ein wesentlicher Bestandteil dieses Festtages ist dann auch das wissenschaftliche Kolloquium zu Ehren des Preisträgers, in dem wir am Vormittag – moderiert von Herrn Göbel – eindrucksvolle Vorträge von Herrn Karl-Joachim Ebeling, Präsident der Universität Ulm, ehemals Professor an der TU Braunschweig, Herrn Wolfgang Kowalsky, TU Braunschweig, und Herrn Andreas Tünnermann, Fraunhofer Institut Jena, hören durften. Ich danke Ihnen für dieses Engagement und freue mich, dass Sie auch jetzt unter uns sind.

Herzlich begrüße ich alle Anwesenden, die als Gäste aus der Wissenschaft, der Politik, der Verwaltung und der Öffentlichkeit heute zu uns gekommen sind.

Schließlich heiße ich herzlich willkommen alle Mitglieder unserer Baunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft und ihre Begleitung sowie die Witwen unserer verstorbenen Mitglieder, die uns durch ihre Anwesenheit die bleibende Verbundenheit zum Ausdruck bringen.

Ich darf damit Ihnen, Herr Stadtrat Laczny, das Podium für Ihr Grußwort übergeben.

Bericht

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

zu Beginn meines Berichts erfülle ich die traurige Pflicht, unserer im vergangenen Jahr verstorbenen Mitglieder zu gedenken:

Nachrufe

Am 20.08.2009 verstarb im Alter von 74 Jahren Elmar Steck, Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h., Professor für Mechanik an der Technischen Universität Braunschweig. Ordentliches Mitglied in der Klasse für Ingenieurwissenschaften seit 1993, Generalsekretär der BWG vom 01.01.1998 bis 31.12.2000.

Im Alter von 84 Jahren verstarb am 28.08.2009 Andreas Steudel, Dr.rer.nat., Professor für Physik an der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Ordentliches Mitglied in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften seit 1968.

Am 21.12.2009 verstarb mit 92 Jahren Erich Truckenbrodt, Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h., Professor em. für Strömungsmechanik an der TU München. Korrespondierendes Mitglied in der Klasse für Ingenieurwissenschaften seit 1971.

Wir denken in Dankbarkeit an die gemeinsame Zeit zurück, und wir werden den Verstorbenen unser ehrendes Gedenken bewahren.

Ich danke Ihnen, dass Sie sich zu Ehren der Verstorbenen von Ihren Plätzen erhoben haben.

Zuwahlen und personeller Stand der BWG

Die Zuwahl neuer Mitglieder gibt uns die Möglichkeit, die Kontinuität zu wahren und dabei auch neue wissenschaftliche Entwicklungen in unserer Mitgliedschaft abzubilden. Dies gilt z.B. für das Gebiet Medizininformatik, das wir durch die Zuwahl von Prof. Dr.rer.biol.hum. Reinhold Haux hinzugewinnen konnten.

Zum ordentlichen Mitglied in der Wahlsitzung vom **11.12.2009**:

Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

- Prof. Dr. rer. biol. hum. Reinhold **Haux**,
Professor für Medizinische Informatik, Geschäftsführender Leiter des Peter
L. Reichertz Instituts für Medizinische Informatik, TU Braunschweig und
MH Hannover

Zu korrespondierenden Mitgliedern

Klasse für Ingenieurwissenschaften

- Prof. Dr.-Ing. habil. Stefanie **Reese**,
Professorin für Festkörpermechanik an der RWTH Aachen, Lehrstuhl für
Mechanik und Baukonstruktionen

Klasse für Geisteswissenschaften

- Prof. em. Dr. phil. Walther **Ludwig**,
Professor für Klassische Philologie, Universität Hamburg, Institut für Grie-
chische und Lateinische Philosophie, Gaußpreisträger 2009

Damit gehören der BWG am 30.04.2010 147 ordentliche Mitglieder sowie 70 korrespondierende Mitglieder an.

Veranstaltungen

Die wissenschaftliche Arbeit verteilte sich in gewohnter Weise auf

- die BWG-internen Termine mit Plenar- und Klassensitzungen zur Präsentation und Diskussion aktueller Arbeiten der Mitglieder

und

- die öffentlichen Vortragsveranstaltungen und Symposien.

Für die vollständige Dokumentation der Veranstalter, der Themen und der Inhalte kann ich auf das Jahrbuch 2009 verweisen, das druckfrisch vorliegt und jedem gern zur näheren Information zur Verfügung steht.

Für die mühevollen Arbeit, die sorgfältige Redaktion und die zeitnahe Drucklegung bin ich zum einem unserem Generalsekretär Claus-Artur Scheier und zum anderen Frau Christina Jäcker vom Cramer Verlag sehr zu Dank verpflichtet.

Im Folgenden darf ich mich daher auf einige zusammenfassende Ausführungen zu unseren öffentlichen Veranstaltungen beschränken und fünf Projekte ansprechen:

1. Mit den „**Akademie-Vorlesungen**“ im Schloss – die wir gemeinsam mit dem Kulturinstitut der Stadt Braunschweig im Roten Saal veranstalten – sind wir im Zentrum der Stadt präsent. Unter den Rahmenthemen

Lebensraum Luft

und

Wasser in Natur und Technik

greifen wir sehr unterschiedliche Einzelthemen mit aktuellen Bezügen auf.

2. In einer nun auch schon tradierten Kooperation mit der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen bringen wir **wissenschaftliche Vortragsreihen** in die „Autostadt“ Wolfsburg. Dabei werden aktuelle Ausstellungen im phäno durch Vorträge zu den Themen

Biotechnologie: Potentiale, Befürchtungen, Hoffnungen

und

Element Wasser

unterlegt und ergänzt.

3. Die **Verleihung des Braunschweiger Bürgerpreises** für herausragende studentische Leistungen am 6. Dezember im Braunschweigischen Landesmuseum hat sich im wissenschaftsbezogenen Veranstaltungskalender in Braunschweig fest etabliert. Dazu steuert die BWG jeweils den wissenschaftlichen Festvortrag bei, der durch herausragende Referenten Vorbild gebend für die ausgezeichneten Studierenden wirken soll.

4. Mit dem nunmehr **6. Bioethik-Symposium** bezog die BWG gemeinsam mit der Akademie für Ethik in der Medizin, Göttingen, und dem Evangelischen Klosterforum Braunschweig wieder einmal Stellung zu einer aktuellen, teilweise auch umstrittenen biomedizinischen Entwicklung. Unter dem Thema

Humangenetische Diagnostik – Wozu? Wohin?

wurden die naturwissenschaftlichen, medizinischen, juristischen sowie philosophischen und theologisch-ethischen Aspekte präsentiert.

Zum einen geht es um die Frage, wie weit kritische diagnostische Ergebnisse dem einzelnen Menschen wirklich weiterhelfen: „Was wollen wir wissen? Was sollen wir wissen?“ Zum anderen ist zu beachten, welche Implikationen die Einzeldiagnose für das familiäre und gesellschaftliche Umfeld haben kann. Die weitere Entwicklung dieses medizinischen Problemfeldes gilt es wachsam zu verfolgen.

5. Eine neue Initiative war die Stiftung des

**Abt.-JerusalemPreises für herausragende Beiträge zum Dialog der
Geisteswissenschaften und Natur- und Technikwissenschaften,**

für welchen die drei Partner

Evangelische Landeskirche Braunschweig,

Technische Universität Braunschweig und die

Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

verantwortlich zeichnen:

Anknüpfend an die historische Leistung des Abtes Johann Friedrich Wilhelm Jerusalem bei der Gründung des Collegium Carolinum im Jahre 1745 und an dessen 300. Geburtstag wollen die Landeskirche und die Technische Universität an die gemeinsame Geschichte erinnern und die gemeinsame Verantwortung für die Bewahrung des bildungspolitischen Erbes betonen, das zwischen Geistes-, Natur- und Technikwissenschaften eine Brücke zu schlagen erlaubt. Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft, die in unserer Region das Prinzip der fächerübergreifenden Arbeit nachhaltig repräsentiert, hat sich als Partner dieser Initiative gern angeschlossen.

So fanden am 20. November zwei Veranstaltungen statt:

Am Vormittag ein **Wissenschaftliches Symposium** zum Thema

„Die Universität im Wandel der Zeit“

in der Aula der Universität und am Nachmittag die **Preisverleihung** in der Klosterkirche in Riddagshausen an

Frau Prof. Nicole Karafyllis,

z.Z. United Arab University, Abu Dabi.

Diese Preisverleihung soll regelmäßig alle drei Jahre erfolgen.

Meine Damen und Herren:

Wenn ich die Ausführungen in meinem Bericht zusammenfasse und die Themen Revue passieren lasse, die wir in Form von Vorträgen, Kolloquien und Symposien in den letzten Jahren behandelt haben, so könnten sie unterschiedlicher nicht sein:

Die Diskussionen zur Stammzellforschung in Biologie und Medizin und zur Biotechnologie sind vorwiegend im Bereich der Naturwissenschaften zentriert, reichen aber teilweise weit darüber hinaus.

Mit den Beiträgen zu den Rahmenthemen Licht, Luft und Wasser sprachen wir Fragestellungen aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften an, die recht häufig auf die Bereiche Umwelt einerseits und Energie andererseits übergreifen.

Die Diskussionen über den Wandel des Universitäts-Begriffs im Wandel der Zeit repräsentieren einen Ausschnitt aus der grundsätzlichen Debatte über Stand und Zukunft der Bildung in unserem Lande und damit methodisch ein Thema der Geisteswissenschaften.

Bei aller Unterschiedlichkeit der Themen gibt es aber grundsätzliche Gemeinsamkeiten: denn die Themen sind allesamt

1. hoch aktuell
2. hoch komplex und
3. von hoher gesellschaftlicher Relevanz.

Die Aktualität wird offensichtlich, wenn wir z.B. bei der Stammzellforschung an die parallel stattfindenden Prozesse der Gesetzgebung im Deutschen Bundestag denken. Auch zur Problematik von Sinn und Form der universitären Bildung ist angesichts der immer noch laufenden „Bologna-Debatte“ eine Begründung überflüssig, ebenso bei den endlosen Debatten über die Zukunft der Umwelt und der Energieversorgung.

Gleichermaßen einsichtig ist die Aussage zur hohen Komplexität der Themen: Ob wir dies nun als interdisziplinär oder multidisziplinär bezeichnen, ist nebensächlich: Entscheidend bleibt, dass in der Regel nur Kombination und Vernetzung verschiedener klassischer Wissenschaftsgebiete zu adäquaten Lösungen führen können. Das gilt innerhalb der Natur-, Ingenieur- und Geisteswissenschaften ebenso wie angesichts der fließenden Grenzen, wenn es etwa um Zuordnungsfragen – Natur- oder Technikwissenschaften? – geht.

Mit der Einbeziehung der gesellschaftlichen Relevanz berücksichtigen wir in jedem Fall im weitesten Sinne den Bereich der Geisteswissenschaften. Damit sind Wissenschaftsgebiete adressiert, die in geisteswissenschaftlicher Nomenklatur z.B. als Philosophie und Ethik eher klassischen Disziplinen oder als Soziologie und Sozioökonomie eher jüngeren Disziplinen zuzuordnen sind.

Ein wichtiges Merkmal gesellschaftlicher Relevanz ist ihre Rückkoppelungsfunktion:

- Neue Entwicklungen wie die Stammzellforschung mit Embryonen bieten grundsätzliche Chancen für wegweisende Änderungen in der Medizin und zielen auf die Verbesserung der Gesundheitsversorgung des Individuums und der Gesellschaft.
- Der Eingriff in die Biologie der Menschwerdung ist aber so radikal, dass sich
 - unterschiedlich motiviert – gesellschaftliche Widerstände manifestieren,

die auf die Entwicklung der Wissenschaft selbst zurückwirken. Dies gilt analog für viele Fragestellungen, vor allem in den Bereichen Umwelt und Energie.

So entwickeln sich also Wissenschaft und Technik heute nicht in einem offenen Zukunftsraum, sondern in einer stetigen Konfrontation mit Fragestellungen nach (gesellschaftlichem) Sinn und Zweck mit entsprechenden Begründungszwängen und der beständigen Präsenz von Widerstand.

Das einzige Mittel zu verhindern, dass solche Widerstände quasi zu Glaubenskriegen eskalieren, ist, durch Information, Offenheit, Transparenz, Diskussionsbereitschaft und Lernbereitschaft den Sachverhalten möglichststen Vorrang vor Emotionen zu verschaffen. Auf dieser Grundlage räumen die wissenschaftlichen Akademien dem Dialog von Wissenschaft und Gesellschaft eine hohe Priorität ein, und in diesem Sinne möchte die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft auch ihr Engagement in der Öffentlichkeit der Region verstanden wissen.

Mit ihrem breiten Kompetenzspektrum, wie es sich in den Klassen für Geisteswissenschaften, Ingenieurwissenschaften sowie Mathematik und Naturwissenschaften widerspiegelt, ist sie dafür auch bestens gerüstet:

Allen Mitgliedern, die durch inhaltliche Initiativen, durch Übernahme von Vorträgen und Organisationsaufgaben zum Erfolg der Veranstaltungen verholten haben, gilt mein herzlicher Dank. Dieser schließt auch die engagierte Unterstützung durch die Damen unserer Geschäftsstelle – Frau Haubold und Frau Petersen – ausdrücklich mit ein.

Dass wir darüber hinaus durch Partnerschaften Kompetenzbereich und Wirkungsradius erweitern, ist ebenfalls durch viele praktische Beispiele belegt – zur weiteren fruchtbaren Zusammenarbeit bereit sind wir unseren Kooperationspartnern

- der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen
- der TU Braunschweig
- der Evangelischen Landeskirche
- der Akademie für Ethik in der Medizin in Göttingen
- sowie der Stadt Braunschweig

zu Dank verpflichtet.

Aktuell – komplex – gesellschaftsrelevant: Diese Attribute treffen auch auf das Themengebiet zu, das wir mit der diesjährigen Verleihung der Gaußmedaille in den Blickpunkt der Öffentlichkeit rücken möchten:

In der Nomenklatur unserer Akademie-Vorlesungen im Schloss können wir dabei auf den Begriff „Faszination Licht“ zurückgreifen. Prosaischer formuliert, sprechen wir von der Direktumwandlung von elektrischem Strom in Licht unter der Bezeichnung

Light	Licht
Emitting	emittierende
Diodes	Dioden

Seit der Erfindung der Glühbirne Ende des 19. Jahrhunderts durch Göbel hat es keine vergleichbare und so weitreichende Innovation auf dem Gebiet der Beleuchtungstechnik gegeben wie bei der LED-Technik. Während die klassische Glühbirne darauf basiert, dass ein dünner Draht als elektrischer Widerstand durch den Strom zum Glühen und damit zum Leuchten gebracht wird, wird bei der LED-Technik die direkte Umwandlung des elektrischen Stromes in Licht ausgenutzt. Über diese Wirkungsweise und über den Effizienzgewinn im Verhältnis von Wärme und Licht werden wir im Folgenden noch Genaueres hören. Dass wir damit ein Thema aufgreifen, das einen wichtigen Beitrag zur Energieversorgung und -nutzung liefert, ist sofort offensichtlich – und insofern fügen wir uns mit unserer Veranstaltung in das nationale Programm zum Jahr der Energie zwanglos ein.

Im Unterschied zu anderen Bereichen der Elektrotechnik wie z. B. der Elektromobilität hat die LED-Technik den Markteintritt grundsätzlich geschafft. Während beim Elektroauto Fragen der Batterietechnik, der Aufladungstechnik und -logistik oder auch der Herkunft des ganzen Stromes einer marktfähigen Lösung harren, finden wir die LED-Technik in vielen Produkten als Displays, als Leuchten im Automobil, als Verkehrsampeln etc. realisiert. Aber bei allem, was schon erreicht wurde, gibt es gleichwohl noch viel zu forschen und zu entwickeln:

- bei der Innenraumbelichtung geht es um das Farbspektrum
- bei hoher Leistung um Fragen der Wärmeabfuhr
- bei den neuen Materialien um Fragen der Rohstoffversorgung
- bei der Fertigungstechnik um marktfähige Preise.

In diesen generellen Kontext sind die Arbeiten einzuordnen, die mit der diesjährigen Verleihung der Gaußmedaille verbunden sind. Dass auf diesem hochaktuellen und komplexen Gebiet auch Braunschweiger TU-Institute und die Physikalisch-Technische Bundesanstalt eine führende Rolle spielen, darauf können wir als Forschungsregion Braunschweig und als BWG stolz sein.

Im Mittelpunkt steht aber unser Preisträger Dr.rer.nat. Klaus Streubel, den wir auf Vorschlag unserer Klasse für Ingenieurwissenschaften diese Ehrung ange-

tragen haben. Und dafür, dass Sie sie angenommen haben und zu ihrer Entgegennahme heute nach Braunschweig gekommen sind, danke ich ihnen herzlich. Welche Bedeutung dem Gebiet der Opto-Elektronik insgesamt, d. h. über die Lichttechnik hinaus zukommt, darüber haben wir uns am Vormittag im Rahmen des traditionellen Carl Friedrich Gauß-Kolloquiums informiert. Unter der Überschrift „Leuchtende Zukunft: Licht – Energie – Information“ haben wir mit exzellenten Beiträgen Vieles erfahren und lernen können. Und Sie werden uns selbst, lieber Herr Streubel, in Ihrem Festvortrag mit weiteren Informationen und Einsichten erfreuen.

Warum unsere Auswahl aber auf Sie gefallen ist, wird Herr Waag uns vorher in seiner Laudatio erläutern.

Zwischen Gauß und Licht, dieses im Sinn der Physik betrachtet, gibt es sicher keine handfesten Bezüge. Aber Gauß sind – im übertragenen Sinn – zweifellos so viele Lichter aufgegangen wie es wenigen Menschen beschieden war, und daher brauchen wir uns auch über einen Begründungszusammenhang zwischen Gauß und Licht wirklich keine Sorgen zu machen. So können wir uns entspannt dem musikalischen Intermezzo unseres Bläserquintetts widmen, dem ich für seine Raum erfüllende und schwungvolle Präsentation – an der Sie hoffentlich alle Freude haben – herzlich danken möchte.

Und Ihnen danke ich, dass Sie mir zugehört haben.

Laudatio zur Verleihung der Gauß-Medaille an Prof. Dr.rer.nat. Klaus Streubel

PROF. DR.RER.NAT. ANDREAS WAAG

Institut für Halbleitertechnik, TU- Braunschweig
Hans-Sommer-Straße 66, D-38106 Braunschweig

Sehr geehrter Herr Präsident Prof. Klein,
liebe Frau Streubel,
lieber Klaus Streubel,
sehr geehrte Festversammlung!

Licht ist allgegenwärtig, aber nicht greifbar. Wir brauchen es zum Leben – ohne Licht gäbe es keine Photosynthese, kein Pflanzenwachstum, keinen Sauerstoff. Ohne Sonnenlicht wäre die Erde kalt und unbewohnbar. Licht gestaltet unseren Tagesablauf.

Licht ist in seinem Wesen einzigartig. Licht ist übernatürlich – zu schnell um es zu begreifen. Licht ist Leben, Licht ist Energie. Erst Licht ermöglicht es uns, die Welt um uns herum zu sehen.

Was aber ist Licht ?

Bereits die Philosophen der Antike beschäftigten sich ausführlich mit der Bedeutung des Lichts. Licht verknüpfen schon Plato und sein Schüler Aristoteles mit Erkenntnis. Später, im Christentum, wird Licht mit Gott und dem Weg des Menschen zur göttlichen Erkenntnis und Weisheit verbunden.

„Gott ist Licht und in ihm ist keine Finsternis“ (1. Joh 1,5)

sagt der Apostel Johannes.

Licht hat schon seit Jahrtausenden eine magische Anziehungskraft für uns Menschen.

Mit Kerzenlicht konnte erstmals der Tagesablauf abweichend vom Aufgang und Untergang der Sonne gestaltet werden. Die Menschen konnten nun auch nachts noch arbeiten und essen. Mit brennenden Kerzen musste man allerdings sorgsam umgehen – das Licht musste behütet und geschützt werden. Ein Windhauch konnte es auslöschen. Und es barg auch Gefahren: fiel die Kerze um, konnte sogar die ganze Stadt abbrennen.

Gleichzeitig bedeutet eine Kerze nicht nur Feuer und Gefahr, sondern auch Kontrolle über das Feuer. Feuer und Licht konnten kontrolliert und konserviert werden, eine der wesentlichen Errungenschaften der Menschheit von Urzeiten an.

Vielleicht ist diese urzeitliche, Jahrtausende alte Verbindung zwischen dem Feuer, dem Licht und den Menschen der Grund dafür, weshalb die Lichttechnik und Optoelektronik so außerordentlich faszinierende Disziplinen innerhalb der Ingenieurwissenschaften und der Physik darstellen.

Die technische Entwicklung, die zur Ablösung der Kerze führte, setzte Mitte des 19. Jahrhunderts ein. Der Schein einer Kerze war ja begrenzt, eine Fabrikhalle oder gar eine ganze Stadt konnte man damit nicht beleuchten. Eine Kerze war als Leuchtmittel für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt, der sich im 19. Jahrhundert mit Macht ankündigte, denkbar ungeeignet.

Mit der Einführung der Glühfadenlampe errang die Menschheit erst den eigentlichen Sieg über die Dunkelheit.

Der Erfinder Thomas Alva Edison brachte die Glühlampe zu den Menschen – 1879 gilt als das Jahr ihrer Erfindung. Der ewige Rhythmus von Tag und Nacht konnte so nachhaltig überwunden werden. Die Glühlampe war einer der großen und umwälzenden Innovationen, die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eine wesentliche Grundlage für die sprunghafte Entwicklung der Weltwirtschaft wurde.

In diesem Sinn hat die Glühlampe eine enorme Bedeutung für unseren heutigen Wohlstand. Über 100 Jahre war sie selbst und ihr Licht ein Symbol für den Sieg über die Dunkelheit, ein Symbol für Geborgenheit, Wärme und Sicherheit.

Und heute? Heute gibt es doch tatsächlich Leute, die uns unsere geliebte Glühlampe wegnehmen wollen – und unser diesjähriger Preisträger, Herr Dr. Streubel, ist einer von Ihnen. Ausgerechnet dafür soll er nun auch noch mit der Gauß-Medaille ausgezeichnet werden – für die Entwicklung von Hochleistungs-LEDs für die Beleuchtungstechnik – und damit – indirekt – für den Ersatz von Glühlampen.

LED heißt übrigens Lichtemittierende Diode. Wir wissen genau, wie eine Glühlampe funktioniert – nämlich mit einem glühenden Glühfaden, den kann jeder selbst sehen, das leuchtet uns ein. Aber eine LED? Eine Diode, die Licht emittiert statt einfach nur zu leuchten? Das ist schwer zu verstehen, dazu muss man schon Physik oder Elektrotechnik studieren. Trotzdem, den Durchbruch der neuen Beleuchtungstechnik – oft auch Solid State Lighting genannt – kann dies sicher nicht beeinträchtigen.

Thomas Edison und Klaus Streubel sind demnach sozusagen Gegenspieler: Der eine hat die Glühbirne eingeführt und der andere möchte sie wieder abschaffen.

Nun, Edison und Streubel – die beiden haben aber auch Gemeinsamkeiten: Edison hat die Glühbirne nämlich gar nicht erfunden – und (hier die Gemeinsamkeit) Herr Streubel auch nicht die LED – aber beide haben entscheidend zur Weiterentwicklung und letztlich zum Durchbruch der von ihnen vorangetriebenen neuen Technologien beigetragen.

Natürlich – bei dem Vergleich mit Edison muss man Vorsicht walten lassen. Anders als Thomas Alva Edison arbeitet Herr Streubel heute nämlich in einer wissenschaftlich globalisierten, informationstechnisch aufgerüsteten Umgebung. Es ist deshalb meist nicht mehr so ohne weiteres möglich, den Durchbruch einer Technologie, hier der LED-Technik, vollständig an nur genau einer Person fest zu machen. Das würde den vielen Entwicklungen, die parallel weltweit vorangetrieben werden, auch nicht gerecht werden. Innovation ist heute ein langwieriger und komplexer Prozess, der meist Unmengen von Ingenieur- und Wissenschaftlerstunden benötigt und in der Regel nur noch in großen Teams und auch teilweise nur zusammen mit der Konkurrenz zu leisten ist. Umso schwieriger ist es, sich aus diesem globalen Spezialistentum von Wissenschaftlern und Ingenieuren signifikant heraus zu heben. Ich werde die Beiträge, die Herr Streubel geleistet hat, gleich noch genauer ausführen.

Klaus Streubel wurde geboren am 1. Februar 1958 in Filderstadt, in der Nähe von Stuttgart. Er machte 1977 Abitur am FKG, dem Friedrich-List Gymnasium Asperg. Sie haben richtig gehört – Friedrich List, nicht Franz Liszt. Diese Schule in Baden-Württemberg wurde nicht nach dem Komponisten Franz Liszt benannt, sondern nach Friedrich List, einem der bedeutendsten deutschen Wirtschaftstheoretiker des 19. Jahrhunderts. (Das passt sicher besser zu unserer Vorstellung einer schwäbischen Schule.)

Herr Streubel studierte nach dem Abitur Physik an der Universität Stuttgart mit dem Schwerpunkt Kristallphysik und Festkörperspektroskopie. 1985 erhielt er sein Diplom. Schon als wissenschaftliche Hilfskraft hat er während des Studiums Anlagen zur Herstellung von Halbleiter-Dioden gebaut – für die Flüssigphasenepitaxie und die Gasphasenepitaxie. Das Ziel der Diplomarbeit war die Herstellung von Quantentrögen mit einer computergesteuerten Flüssigphasenepitaxie-Anlage.

Während der Promotion befasste sich Herr Streubel dann schon weichenstellend mit der MOVPE, der metall-organischen Gasphasenepitaxie. Aus der Gasphase werden dabei dünne Halbleiter-Schichten auf einem Substrat abgeschieden, die in der richtigen Reihenfolge und Qualität am Ende zu LEDs führen. Die damalige Zeit war weltweit der Beginn des Siegeszuges dieser Technologie, mit der mittlerweile praktisch alle LEDs für die Beleuchtungstechnik hergestellt werden. Die Promotion wurde 1991 an der Universität Stuttgart abgeschlossen, Doktorvater war Prof. Pilkuhn.

Klaus Streubel war nach Studium und Promotion eigentlich auf Jobsuche in den USA. Da das Royal Institute of Technology in Stockholm aber Epitaxie-Aktivitäten aufbauen wollte, haben die Schweden Herrn Streubel überredet, nach Stockholm zu kommen. Sehr kurzfristig musste damals diese wichtige Entscheidung getroffen werden. Die Familie entschied sich für Schweden und zog kurz darauf nach Stockholm um. Das Royal Institute of Technology KTH in Stockholm

besitzt eine hervorragende internationale Reputation und ist die zentrale Forschungseinrichtung in Schweden für technisch-naturwissenschaftlich orientierte Forschungsprojekte mit über 12.000 Studierenden.

An der KTH hat Herr Streubel dann als erster in Schweden mit der Entwicklung von Vertical Cavity Surface Emitting Lasern (VCSEL-Laser) begonnen und sich dabei gleich auf die schwierige Wellenlänge von 1.55 μm gestürzt. VCSEL sind Laser, die nicht horizontal, sondern vertikal emittieren. In Kooperation mit der University of California at Santa Barbara UCSB konnten damals erstmals 1.55 μm VCSEL für den Dauerstrich-Betrieb bei Raumtemperatur demonstriert werden. Als Alternative zu konventionellen, dielektrischen Bragg-Spiegeln wurden Spiegel mit Luft-Spalt verwendet, eine sehr interessante Innovation. Aus diesen Arbeiten entwickelten sich später dann MEMS-Aktivitäten an der KTH. MEMS, das sind mikro-elektromechanische Bauelemente, die z.B. in jedem Airbag als Beschleunigungssensoren eingesetzt werden. Weitere Arbeiten betrafen die Entwicklung roter RCLEDs, das sind LEDs mit einer resonanten Kavität, also Spiegeln, die die Emission senkrecht zur Oberfläche verstärken und damit zu einer höheren Lichtauskopplung führen. Gleichzeitig konnte der erste europäische rote VCSEL demonstriert werden.

1993 erhielt Herr Streubel eine permanente Stelle an der KTH in Stockholm und wurde später zum adjungierten Professor ernannt.

Zwischen 1997 und 1999 setzte Herr Streubel seine erfolgreiche Entwicklungsarbeit bezüglich vertikal emittierender Laserdioden auch außerhalb der Universität bei Mittel Semiconductors, Järfälla, Schweden, fort. Zusammen mit Fred Schubert, dem Erfinder der RCLED, erhielt Herr Streubel den R&D 100 Award, mit dem jährlich die 100 weltweit besten Innovationen über alle Disziplinen hinweg ausgezeichnet werden.

Die RCLEDs waren wohl auch entscheidend für den Wechsel zu OSRAM, von dort kam ein verlockendes Angebot, und Herr Streubel wechselte 1999 zur Osram Opto Semiconductors GmbH, Regensburg. Er war zunächst für den Bereich rote LEDs zuständig. Damals sollten rote LEDs erstmals in die Nebel-Rückleuchten des VW Phaeton eingebaut werden. Ziel war es, die Effizienz der LEDs innerhalb eines Jahres zu verdoppeln, nur so konnten die Vorgaben für eine Produkteinführung erreicht werden – ein risikoreiches, aber letztendlich sehr erfolgreiches Unterfangen. In dieser Zeit wurden auch die Weichen für die späteren Dünnschicht-LEDs gestellt, einer der wesentlichen Schritte, durch den sich die LED-Technologie weg von der Signalgebung und hin zu Hochleistungs- und damit Beleuchtungsanwendungen entwickeln konnte. In einer Dünnschicht-LED werden wesentlich höhere Auskoppel-Effizienzen erreicht, was für den Einsatz von LEDs in der Beleuchtungstechnik unabdingbare Voraussetzung ist. Herr Dr. Streubel und sein Team konnten hier Maßstäbe setzen.

Besonders soll an dieser Stelle betont werden, dass es nicht bei erfolgreicher Forschung, also der wissenschaftlichen Vorbereitung von Innovation geblie-

ben ist, sondern die Erkenntnisse der wissenschaftlichen Arbeiten auch zielgerichtet und effizient in echte Innovation umgesetzt wurden – eine wesentliche Voraussetzung, um der großen asiatischen und amerikanischen Konkurrenz erfolgreich zu begegnen.

Die Tragweite dieser von Herrn Dr. Streubel maßgeblich vorangetriebenen Entwicklungen führte neben firmeninternen Auszeichnungen (Verleihung des OSRAM Innovation Awards im Jahre 2004) letztlich zur Verleihung des Deutschen Zukunftspreises 2007 an Herrn Streubel und zwei weitere Kollegen (Stefan Illek und Andreas Bräuer, Fraunhofer IOF Jena) durch den Bundespräsidenten.

2006 wurde Herr Dr. Streubel die Leitung des Conceptual Engineering (Vorentwicklung) der Osram OS GmbH, Regensburg, übertragen. In dieser Zeit wurden viele neue Entwicklungen auf den Weg gebracht, die mittlerweile in die LED-Technologie Eingang gefunden haben.

Im Jahre 2009 wurde Herr Dr. Streubel zum Leiter Technologie des Mutterkonzerns OSRAM GmbH ernannt (Senior Vice President und CTO und damit Head of R&D) und ist damit verantwortlich für die Forschung und technische Entwicklung aller von OSRAM vertretenen Technologien – und damit auch wieder verantwortlich für die gute alte OSRAM-Glühlampe, die sich übrigens auch im OSRAM-Firmenlogo wiederfindet.

Obwohl Herr Streubel seine Forschungsarbeiten seit 1999 in einem industriellen Umfeld durchführt, das ja bekanntlich von erheblichem Druck bezüglich der Absicherung und auch Geheimhaltung von Wissen geprägt ist, kann er bis heute ein Vielzahl von oft zitierten Publikationen und weit über 100 Patente (als Erfinder) sowie eine überaus lange Liste eingeladener Vorträge vorweisen.

Besonders möchte ich an dieser Stelle deshalb die engen Beziehungen von Herrn Streubel zur nationalen und internationalen Forschergemeinde würdigen. Herr Streubel ist z.B. als Chairman des LED-Symposiums auf der Photonics West, der größten Photonik-Konferenz weltweit, engagiert und wirkt in wissenschaftlichen Beiräten mit, wie z.B. dem Wissenschaftlichen Beirat des Paul-Drude-Instituts in Berlin.

Herr Streubel hat zahlreiche Kooperationsvorhaben mit deutschen und internationalen Forschungslabors initiiert, und prägt damit auch die deutsche und europäische Forschungslandschaft in diesem Jahrhundert des Photons. Offenheit gegenüber neuen und manchmal auch risikoreichen Forschungs- und Entwicklungsprojekten zeichnet ihn und damit seinen ganzen Bereich aus. Er versteht es, seine Mitarbeiter in hervorragender Art und Weise zu motivieren.

Bei aller Begeisterung für den rein wissenschaftlich-technischen Fortschritt ist dabei auch die Relevanz der Arbeiten von Herrn Streubel für den Industriestandort Deutschland hervorzuheben. Die LEDs werden eben nicht in irgendeinem Nebental in Kalifornien oder Asien, sondern im Donautal bei Regensburg, dem

LED-Valley, gefertigt. Diese Innovation verschafft Wettbewerbsvorteile, und dies nicht nur für OSRAM selbst, sondern auch für Nutzer dieser Hochleistungs-LEDs, die in Kernfeldern der deutschen Industrielandschaft angesiedelt sind. Genannt sei hier z. B. die Automobil-Industrie, allen voran Volkswagen. Gerade der VW-Konzern spielte ja damals bei der Entwicklung erster leistungsfähiger LEDs sowie deren Einsatz im Automobil eine wichtige Rolle.

Aus dem Automobil sind LEDs nicht mehr wegzudenken, und dies nicht nur wegen der Sicherheitsaspekte, sondern auch weil LEDs viel weniger elektrische Energie verbrauchen. Dies wird nicht nur für Elektrofahrzeuge entscheidend sein. Für die Allgemeinbeleuchtung wendet die Welt ca. 20% der elektrischen Energie auf, ca. die Hälfte davon könnte man mit einer effizienteren Beleuchtungstechnik einsparen. Die von Herrn Streubel vorangetriebene Innovation – also die Entwicklung leistungsstarker LEDs und damit neuartiger Beleuchtungstechnik – trägt deshalb auch zur Lösung unseres globalen Energieproblems bei.

Insgesamt also viele gute Gründe, die die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft bewogen haben, Herrn Streubel in diesem Jahr die Gauß-Medaille anzutragen.

Zurückblickend ist es das dritte Mal in der langen Geschichte unserer Gesellschaft, dass ein Halbleiter-Forscher die Gauß-Medaille verliehen bekommt. Schon einmal wurde ein „Kollege“ von Herrn Streubel mit der Gauß-Medaille ausgezeichnet, und zwar Walter Schottky im Jahre 1962. Kollege deshalb, weil auch Walter Schottky Siemensianer war, wie auch Sie, Herr Streubel, ja eigentlich Siemensianer sind. OSRAM gehört ja zu Siemens und ist schon 1919 aus der Fusion der Glühlampen-Aktivitäten von AEG, Siemens-Halske und der deutschen Glasglühluchanstalt entstanden. Daran sieht man übrigens, dass sich Unternehmensfusionen nicht unbedingt alle paar Jahre wieder auflösen müssen.

Der dritte Gauß-Medaillenträger und Halbleiter-Forscher war Klaus von Klitzing, der 2004 die Gauß-Medaille hier an derselben Stelle überreicht bekam.

Ich freue mich sehr, dass Sie, lieber Klaus Streubel, für Ihre wissenschaftlichen Leistungen mit der Gauß-Medaille der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft ausgezeichnet werden. Ich freue mich persönlich, aber auch für unsere Gesellschaft, die in Ihnen einen hervorragenden Repräsentanten für die überaus erfolgreiche Verbindung von optoelektronischer Grundlagenforschung und Anwendung gefunden hat, einen Wissenschaftler, der dieses Jahrhundert des Photons signifikant mitgestaltet hat und – da bin ich mir sicher – weiter mitgestalten wird.

Ich gratuliere Ihnen, und wünsche Ihnen für Ihre zukünftige Arbeit an verantwortungsvoller Stelle viel Erfolg.

Vielen Dank

LED – Das Licht der Zukunft

KLAUS STREUBEL

Leiter Forschung und Entwicklung, Osram GmbH
Werner-von Siemens-Straße 6, 86159 Augsburg

Die LED Revolution

Die Abkürzung „LED“ steht für Licht Emittierende Diode, oder kurz Leuchtdiode. Dieses kleine Bauelement mit dem unscheinbaren Namen ist gerade dabei, sich in unserer Gesellschaft einen wichtigen Platz zu erobern. Spätestens seit dem Verbot der Glühlampe ist die LED zu einem regelrechten Medienstar und technologischen Hoffnungsträger aufgestiegen. Als integraler Bestandteil von Mobiltelefonen, Laptops, Tablett-PCs, Flachbildschirmen und vielen anderen digitalen Spielzeugen unseres modernen Lebens, ist die LED aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Häufig hat gerade sie die Miniaturisierung dieser Anwendungen erst ermöglicht und ihnen damit zum Erfolg verholfen. Eines der besten Beispiele für den Siegeszug der LED ist das Prunkstück deutscher Ingenieurskunst, das Automobil. Ursprünglich als winzige, einfarbige Lichtquelle für Signallämpchen im Armaturenbrett eingesetzt, hat die LEDs mittlerweile den kompletten Innenraum eines modernen Fahrzeugs erobert und ist dort zu hunderten vertreten. Mit steigender Effizienz und Helligkeit fand sie später auch den Weg in die Außenbeleuchtung, wo sie in Rück-, Brems-, Nebel- und Blinklichtern souverän ihre Stärken ausspielt. Mit weißen LEDs im Tagfahrlicht ist es einigen Autodesignern gelungen, der Frontpartie ihrer Modelle ein Gesicht und ihrer Marke eine unverwechselbare Identität zu geben. Die letzte Domäne der Autobeleuchtung, das Abblend- und Fernlicht, ist bei den ersten Oberklassemodellen ebenfalls schon mit LEDs besetzt, so dass es nur eine Frage der Zeit scheint, bis das gesamte Licht eines Automobils von einer LED erzeugt wird.

Richtig erfolgreich geworden sind LEDs mit den Mobiltelefonen. In den ersten Jahren waren nur farbige LEDs für die Tastatur- und Displaybeleuchtung verfügbar, aber schon diese brachten ideale Voraussetzungen mit: klein, robust und effizient. Heute dominieren überwiegend weiße LEDs das Mobiltelefon,

* Der Vortrag wurde anlässlich der Verleihung der Gauß-Medaille durch die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft am 30.04.2010 gehalten.

nicht nur in der Beleuchtung des Gerätes sondern auch z. B. in den Blitzlichtern für die eingebaute Kamera. Die allerneuesten Telefone besitzen sogar schon einen eingebauten LED Projektor, mit dem man sich aufgenommene Fotos oder Filme zusammen mit Freunden ansehen kann. Viele Experten gehen davon aus, dass sich der eingebaute Miniprojektor genauso wie die integrierte Kamera, zu einem Standard im Handy etablieren wird. Die nächste, große LED Applikation ist die Hinterleuchtung von LCD-Bildschirmen in mobilen Computern und Fernsehgeräten, deren Markt in den letzten Jahren regelrecht explodiert ist. Für all diese Verbraucherprodukte wurden 2010 geschätzte 80 Milliarden LEDs verbaut [1]. Die damit verbundene Hochskalierung der weltweiten Fertigungskapazität führt unweigerlich zu stetig sinkenden Herstellungskosten. Damit wird die LED auch für sehr preissensitive Marktsegmente, wie z.B. die Allgemeinbeleuchtung interessant. Im Jahre 2010 wurden weltweit etwa 11 Milliarden Euro für die Allgemeinbeleuchtung ausgegeben. Analysten gehen davon aus, dass dieser Markt in den nächsten 10 Jahren auf 16 Milliarden Euro anwachsen wird. Dieses Wachstum wird aus der Durchdringung des Marktes mit LEDs und den damit verbundenen neuen Möglichkeiten der Beleuchtung kommen. Je nachdem, welche Annahmen man für die Marktentwicklung der klassischen Lichtquellen trifft, werden LEDs im Jahre 2020 mindestens 50% des Allgemeinbeleuchtungsmarktes ausmachen. Mutige Analysten halten sogar einen LED-Anteil von 80% für möglich [2].

Pioniere der LED Geschichte

Die Entdeckung des Phänomens der Elektrolumineszenz wird dem englischen Wissenschaftler Captain Henry Joseph Round zugeschrieben. 1907 beschrieb Round in einer kurzen, nur 24 Zeilen langen Notiz in der Zeitschrift *Electronic World* („A Note on Carborundum“) ein helles Glimmen, das er beim Anlegen einer Spannung an eine SiC Diode beobachtete. Round verbrachte einige Jahre in den USA bei der Firma Marconi, die später in finanzielle Schwierigkeiten geriet und ihn entlassen musste. In dieser Notlage bewarb er sich auch bei Thomas Edison, der sich bekanntermaßen mit der Vermarktung der Glühlampe in den Annalen bedeutender Innovationen verewigt hat. Edison wollte jedoch ihn nicht einstellen. Glücklicherweise fand Round dann doch noch eine Anstellung bei den New York Telephone Laboratories.

War Rounds Entdeckung eher zufälliger Natur, so arbeitete der russische Radio-techniker Oleg Vladimirovich Losev schon sehr systematisch mit Licht erzeugenden Dioden. Mitte der 20er Jahre entdeckte er, dass Dioden in Radioempfängern Licht produzierten, wenn sie von elektrischem Strom durchflossen wurden. Zwischen 1924 und 1941 veröffentlichte Losev seine Experimente in mehreren russischen, deutschen und britischen wissenschaftlichen Zeitschriften. Sein Artikel von 1927 in einer russischen Zeitschrift gilt als die erste Ver-

öffentlichung einer Licht emittierenden Diode. Trotzdem sollte es noch Jahrzehnte dauern, bis seine Entdeckung praktisch genutzt wurde. Im Januar 1942 starb Oleg Losev auf tragische Weise im Alter von nur 39 Jahren während der Belagerung von Leningrad.

1935 entdeckte George Destriau, ein Mitarbeiter von Marie Curie, die Emission von Licht bei Anlegen eines starken elektrischen Feldes an Zinksulfid. Das Material war versehentlich mit Kupfer verunreinigt. Destriau entwickelte aus seiner Entdeckung ein serienreifes Produkt: die Elektrolumineszenzfolie. Der Deutsche Heinrich Welker hatte in den 40er Jahren schließlich die Idee, dass sich durch Kombination von Elementen der III-ten und V-ten Hauptgruppe Materialien mit halbleitenden Eigenschaften herstellen lassen müssten. Welker übernahm später die Leitung des Siemens Forschungslabors in Erlangen, wo er zahlreiche synthetische III-V Verbindungen, darunter auch Galliumarsenid und Galliumphosphid, herstellen und untersuchen konnte. Heinrich Welker gilt als der Entdecker der III-V Halbleiter, die heute die Grundlage für alle optoelektronischen Bauelemente darstellen. Zu seinen Ehren vergibt Osram jährlich den Heinrich-Welker Award für herausragende Leistungen auf dem Gebiet der III-V Halbleiter.

Mit den neuen Halbleitermaterialien wurde zunächst an infrarot emittierenden Leuchtdioden gearbeitet. Die erste kommerziell verfügbare LED für sichtbares Licht entwickelte schließlich Nick Holoniak bei General Electric im Jahre 1962. Seither gilt Holoniak als „Vater der LED“. Seine LEDs waren mit Effizienzwerten um 0,1 Lumen pro Watt nur für sehr wenige Anwendungen brauchbar. Heute erreicht die Effizienz solcher LEDs ein Tausendfaches dieser Werte. Mit verschiedenen Halbleitermischungen war es bald möglich, LEDs in den Farben rot, gelb und grün herzustellen, doch für blaues Licht gab es fast 30 Jahre lang keine Lösung. Auf der Suche nach einem geeigneten Material dafür hatte man schon früh das System Gallium-Indium-Nitrid untersucht, dies aber nach vielen erfolglosen Versuchen, es zu dotieren, letztendlich aufgegeben. Vielmehr konzentrierte sich die überwältigende Mehrheit der internationalen Fachwelt auf den Verbindungshalbleiter Siliziumcarbid, auch wenn die damit fabrizierten LEDs nicht mehr als ein schwaches Glimmen zustande brachten. Umso größer war die Überraschung, als 1992 der japanische Physiker Suji Nakamura blaue und ultra-violette LEDs aus Galliumnitrid (GaN) präsentierte, die er bei der Firma Nichia entwickelt hatte. Damit wurde, angeführt vom Nichia Team, ein spannendes, weltweites Rennen um immer höhere Helligkeiten blauer LEDs ausgelöst. Innerhalb weniger Jahre wurde die Leistung roter LEDs eingeholt und schließlich sogar überholt. Nichia brachte seine erste blaue LED 1993 auf den Markt und hat seither seine Position als unangefochtener Marktführer erfolgreich verteidigt.

Unabhängig voneinander entstand gleichzeitig bei Nichia in Japan und am Fraunhofer Institut für Angewandte Festkörperphysik in Freiburg die Idee für

eine weiße LED. Die Freiburger Physiker Schlotter, Schmidt und Schneider sägten die Kunststoffkappe einer kommerziellen blauen LED ab und plazierten dort ein lichtkonvertierendes Material, das blaues Licht absorbiert und gelbes Licht abgibt. Bei richtiger Mischung von blau und gelb entsteht so weißes Licht. Die Idee wurde 1996 von den drei Forschern patentiert und stellt heute die Grundlage für fast alle weltweit produzierten weißen LEDs dar. Der Spiegel veröffentlichte dazu einen Artikel mit dem vielsagenden Titel „Vorne abgesägt“ [3].

LED Technologie

Die Effizienz einer LED wird von zwei wesentlichen Faktoren bestimmt: der Umwandlung von elektrischem Strom in Licht (interne Effizienz) und der Auskopplung des erzeugten Lichtes aus dem Inneren der LED (Extraktionseffizienz). Die interne Effizienz hängt entscheidend von der Qualität einer dünnen Kristallschicht ab, die man auf eine Kristallscheibe („Wafer“) aufwachsen lässt. Diese Schicht ist nur wenige Mikrometer dick und bestimmt später nahezu alle Eigenschaften der LED. Der Wafer selbst wird nur als mechanischer Träger benötigt. Das Aufwachsen einer Kristallschicht auf einen kristallinen Träger wird Epitaxie genannt und ist der Schlüsselprozess in der LED Herstellung. Die Steigerung der internen Effizienz ist im wesentlichen auf eine kontinuierliche Verbesserung der Epitaxieverfahren zurückzuführen. Die höchsten internen Effizienzen von deutlich über 90% erreicht man heute mit roten und infra-roten LEDs.

Neben der internen Erzeugung von Licht besteht eine weitere Herausforderung darin, das erzeugte Licht aus dem Halbleiter heraus zu bekommen. Aufgrund des hohen optischen Brechungsindex der III-V Materialien wird das Licht auf dem Weg nach außen an der Grenzfläche zur Luft nahezu vollständig in den Halbleiter zurückreflektiert. Ohne spezielle Tricks werden bei einer roten LED nur 2% des erzeugten Lichtes durch die Oberfläche an Luft ausgekoppelt. Der restliche Anteil von 98% wird im Inneren der LED absorbiert und vernichtet. Dieses einfach anmutende Problem der internen Totalreflexion beschäftigt die LED Entwickler seit nunmehr fast 50 Jahren.

Blaue LED Schichten werden auf Saphir-Wafer aufgewachsen. Saphir ist kristallines Aluminiumoxid und hat für die Lichtauskopplung den großen Vorteil für sichtbares Licht transparent zu sein. LED Chips entstehen aus einem Wafer, indem dieser, zusammen mit der aufgetragenen LED Schicht, in sub-millimeter kleine Stückchen („Chips“) zersägt wird. Man kann sich diese Chips wie lauter kleine, transparente Würfelchen vorstellen. Auch wenn nur die dünne Oberflächenschicht eines Würfels das Licht erzeugt, leuchten doch alle seine Seiten und tragen damit zur Lichtauskopplung bei. Diesen Vorteil können rote

LEDs nicht so einfach nutzen. Sie werden auf Galliumarsenidscheiben aufgewachsen, die das sichtbare Licht absorbieren. Damit die Seiten des LED Chips wenigstens geringfügig zur Lichtauskopplung beitragen können, wird häufig die LED Schicht sehr viel dicker aufgewachsen, als es für die Lichterzeugung notwendig wäre. Ein führender LED Hersteller hat es sogar gewagt, diese dicke LED Schicht von ihrem absorbierenden Wafer abzulösen und auf ein transparentes Material aufzupressen. Das Verfahren ist aufwändig und teuer, erlaubt aber die Herstellung völlig transparenter, roter LED Chips. Ende der 90er Jahre wurden mit diesem Ansatz alle Effizienz- und Helligkeitsrekorde gebrochen. Trotzdem hat sich die Technologie nicht durchgesetzt.

1992 hatten amerikanische Wissenschaftler die Idee, zwischen LED-Schicht und Substratwafer eine Opferschicht einzubringen und diese später chemisch aufzulösen [4]. Damit war es möglich, die Epitaxieschicht von ihrem Substratwafer zu trennen und sie auf ein beschichtetes Substrat aufzukleben. Die Gruppe erzielte mit derart hergestellten, optisch angeregten Strukturen sensationelle Lichtauskopplungswerte, jedoch erwies sich das Verfahren wegen der extrem dünnen LED Schicht in der Praxis als untauglich. 1999 wurde diese Idee bei Osram in Regensburg wieder aufgegriffen. Anstatt die Epitaxieschicht erst abzulösen und dann zu übertragen, beschichtete man sie erst mit Metall und lötete sie dann auf einen zweiten Wafer auf. Erst in einem zweiten Schritt wurde der ursprüngliche Wafer abgelöst. Zurück blieb eine LED Schicht auf einem neuen Trägerwafer, allerdings nun mit einer dazwischen liegenden Metallschicht. Diese Metallschicht übernahm in der LED die Aufgabe eines eingebauten Spiegels, der alle nach unten laufenden Lichtstrahlen wieder zur Oberseite hin reflektierte. Damit war die Dünnschicht-LED Technologie geboren. Die ersten kommerziellen LEDs kamen 2001 in der Farbe rot auf den Markt. Später wurde die Technologie auf alle LED Farben und Materialsysteme ausgedehnt. Gleichzeitig wurde eine rasante Steigerung der LED Effizienz angestoßen, die bis heute anhält. Doch die neuen LEDs waren nicht nur effizienter, sondern hatten auch eine Reihe von sehr vorteilhaften Eigenschaften. So emittieren sie z.B. das Licht nur in eine Richtung, nämlich nach vorn, und sind damit für Anwendungen wie Autoscheinwerfer oder LED-Projektoren ideal geeignet. Die direktionale Emission der Dünnschicht-LEDs führt auch dazu, dass ihre Effizienz unabhängig von der Größe der LED Chips ist. Damit gelang es erstmalig, auch effiziente, große Chips (1mm²) herzustellen.

Von der LED zur „Light-Engine“

Keine andere Lichtquelle wandelt elektrische Leistung so effizient in sichtbares Licht um wie Leuchtdioden. Blaue und rote LEDs können mehr als 50% der eingespeisten elektrischen Leistung in Licht konvertieren. Hochleistungs-Chips mit einer Fläche von 1 mm² sind heute in der Lage, mehr als ein Watt elektri-

scher Leistung aufzunehmen und mehr als hundert Lumen weißes Licht emittieren. Doch eine Lichtmenge von 100 oder 200 Lumen reicht für viele Anwendungen nicht aus. Eine 75W Glühlampe ist zwar nicht effizient, erzeugt aber problemlos 800 Lumen weißes Licht. Für viele Deckenstrahler werden einige tausend Lumen Licht benötigt. Um solche Lichtmengen mit LEDs erzeugen zu können, muss man viele LEDs zu einer Lichtquelle zusammenfassen. Hierbei können weiße und farbige LEDs, je nach Anwendung gemischt werden. Besonders interessant ist die Kombination weißer, roter und blauer LEDs in einem solchen Modul, denn damit kann die Farbtemperatur des weißen Lichtes nahezu beliebig eingestellt werden. Durch die Kombination von LEDs zu einer Lichtquelle hat man also nicht nur die erzeugte Lichtmenge erhöht, sondern auch noch eine bislang kaum mögliche Flexibilität in der Farbsteuerung gewonnen. Rüstet man ein solches Multi-LED Modul noch mit einer Ansteuerelektronik, einer Primäroptik und einer Kühlung aus und steckt alles zusammen in ein kompaktes Gehäuse, so ist man bei einer echten LED Lichtmaschine, neudeutsch „Light-Engine“ angelangt.

LED Light-Engines sind heute Gegenstand weltweiter, intensiver Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten. Primär geht es vor allen Dingen um die Steigerung der Performance im Hinblick auf Leistung, Effizienz und Lichtqualität. Die vielleicht größte Herausforderung besteht hierbei in der Entwärmung der LED Rückseiten. Während klassische Lampen die Energie, die sie nicht zur Lichterzeugung verwenden können, in Form von Wärme abstrahlen, bleiben die kleinen LED Chips buchstäblich darauf sitzen. So entstehen auf ihrer Rückseite Energiedichten, die deutlich über der von heißen Herdplatten liegen können. Leider macht sich eine hohe Temperatur negativ bei der Lichterzeugung der LED bemerkbar, ganz im Gegenteil zur Glühlampe.

Andere Herausforderungen betreffen die Qualität des emittierten Lichtes. Wie bereits angesprochen, wird häufig der weiße Farbton durch Mischung des Lichtes verschiedenfarbiger LED Chips erzeugt. Der Preis für die so gewonnene Flexibilität in der Lichtfarbe ist ein erhöhter Aufwand in der Lichtmischung um z.B. unangenehme Farbränder auf den beleuchteten Objekten zu vermeiden. Verwendet man in der Light-Engine nur weiße Chips und verzichtet aus Kostengründen auf die Möglichkeit der Farbsteuerung, dann gilt es, die richtige Farbtemperatur zu treffen. Hier sind die Anforderungen regional sehr verschieden. In Deutschland gibt es starke Präferenzen für warme Weißtöne, wogegen in den skandinavischen Ländern oder in weiten Teilen Asiens kaltes Weiß bevorzugt wird.

Light-Engines sind weit mehr als nur ein großes Gehäuse („package“) mit vielen LED Chips. Die integrierte Primäroptik sorgt für eine definierte Abstrahlcharakteristik. Thermisch leitfähige Materialien, sowie passive oder aktive Kühlelemente stellen eine ausreichende Kühlung sicher. Auch elektronische

Komponenten und Sensoren können auf demselben Board wie die LED Chips integriert werden. Eine derart „aufgerüstete“ Multi-Chip LED transformiert sich von einer simplen Lichtquelle zu einem multifunktionalen, intelligenten Beleuchtungsmodul, das weit mehr kann, als nur bestehende Lampen zu ersetzen.

Neue Möglichkeiten

Der Einzug der LEDs in die Allgemeinbeleuchtung hat bereits begonnen. LED Lampen in Glühlampenform sind überall im Handel zu finden. Anfänglich wurden mutige Konsumenten, die sich nicht durch die hohen Preise abschrecken ließen, häufig von geringen Lichtmengen, kalt-weißem Licht oder instabilen Farbtönen überrascht. Inzwischen hat sich die Qualität dieser Produkte deutlich verbessert, und einem Einsatz im Alltag stehen eigentlich nur noch die gewöhnungsbedürftig hohen Anfangsinvestitionen im Wege. Motiviert wird der Wechsel zur LED durch die Einsparung von Energie und die lange Lebensdauer. Doch nur mit dem reinen Ersatz von Glühlampen und Kompaktleuchtstofflampen würden zahlreiche neue Möglichkeiten zur Nutzung von Licht ungenutzt bleiben. Zwei dieser neuen Möglichkeiten, das Lichtmanagement und die Adaption auf biologische Wirkungen, werden im Folgenden kurz diskutiert.

Lichtmanagement

LEDs sind nicht nur effizient sondern lassen sich auch sehr schnell ein- oder ausschalten und in ihrer Helligkeit dimmen. Kombiniert mit integrierten oder externen Sensoren ergeben sich damit völlig neue Möglichkeiten für ein intelligentes Lichtmanagement. Bewegungssensoren oder einfache Kamerasysteme können Personen in einer beleuchteten Umgebung erkennen und diese Informationen nutzen um lokal die Beleuchtung anzupassen. Wo kein Licht benötigt wird, kann es ausgeschaltet, reduziert oder in der Farbwiedergabe verändert werden. Ein intelligentes Lichtmanagementsystem könnte z.B. auch erkennen, wo einfallendes Tageslicht bereits für eine gewisse Helligkeit im Raum sorgt, und lokal nur soviel Licht erzeugen, wie für eine definierte Beleuchtungsstärke gewünscht wird. Derart mitdenkende Lichtsysteme werden in Zukunft erheblich zur Einsparung von elektrischer Energie beitragen. Studien der Europäischen Kommission gehen davon aus, dass mit intelligentem Lichtmanagement etwa 40% des Energieverbrauchs für Beleuchtung eingespart werden könnten [5]. Dazu kommen weitere 30% Einsparung durch die hohe Effizienz heute schon verfügbarer, moderner Lichtquellen. Aufsummiert bis in das Jahr 2030 entspricht das einer Energieeinsparung von beachtlichen 1300 Terrawattstunden, d.h. man könnte auf den Bau von 650 größeren Kraftwerken (200MW) verzichten.

Bei aller Euphorie über mögliche Energie- und CO₂ Einsparungsszenarien sollte man nicht den Einfluss künstlicher Beleuchtung auf unsere Lebensqualität vergessen. Eine sich über den Tagesverlauf ändernde Beleuchtungsstärke und Lichtfarbe hat einen nicht unerheblichen Einfluss auf unser Wohlbefinden. Bislang beschränkte sich die Funktionalität unserer Beleuchtung auf das Ein- und Ausschalten, bestenfalls noch kombiniert mit einer einfachen Dimmbarkeit. In Zukunft wird uns eine Vielzahl neuer Möglichkeiten zur Verfügung stehen, um unser Licht manuell oder automatisch in Szene zu setzen. Die neuen Funktionalitäten werden aber auch die Beherrschung der Beleuchtung komplizierter machen. Der einfache Lichtschalter wird zum Steuergerät. Die einfache Steuerung eines immer komplexer werdenden Systems wird also auch in der Beleuchtung zur Herausforderung.

Biologische Wirkung von Licht

Vor drei Milliarden Jahren entstanden frühe Lebensformen auf der Erde. Die Geschichte menschlichen Lebens ist etwa zweihundert bis fünfhunderttausend Jahre alt. Seit etwa hunderttausend Jahren kennt der Mensch das Feuer und kann es nutzen. Unsere biologischen Funktionen sind, wie bei fast allen Lebensformen auf der Erde, geprägt von einem regelmäßigen Wechsel von Tag und Nacht. Die letzten hundert Jahre, in denen uns elektrische Beleuchtung zur Verfügung stand, spielen auf dieser Zeitskala keine Rolle. Unsere biologische Uhr, unser zirkadianer Rhythmus, hat sich ausschließlich unter dem Einfluss natürlichen Lichtes entwickelt. Dagegen findet ein großer Teil unseres Lebens heute in künstlich beleuchteten Räumen statt. Deren Beleuchtung unterscheidet sich in vieler Hinsicht von natürlichem Tageslicht. Selbst an einem Tag mit schlechtem Wetter liegt die mittlere Beleuchtungsstärke im Freien bei mehreren tausend Lux, die einer elektrischen Innenbeleuchtung aber nur bei 500 Lux, also kaum mehr als helles Mondlicht. Seit Ende der 60er Jahre ist bekannt, dass Licht neben den visuellen auch nicht-visuelle Funktionen besitzt und z.B. unseren Wach-Schlaf Rhythmus beeinflusst. So produziert unser Körper bei Dunkelheit beispielsweise das Hormon Melatonin, das Müdigkeit und Schlaf stimuliert, während helles Licht die Produktion von Melatonin unterdrückt. Erst seit einigen Jahren ist bekannt, dass die spektralen Bestandteile des Lichtes durchaus unterschiedliche Wirkungen besitzen [6,7]. Diese Erkenntnis ging einher mit der Entdeckung eines dritten, nicht-visuellen Rezeptors im menschlichen Auge [8]. Das Aktionsspektrum des Lichtes, das die Stärke der biologischen Wirkung von Licht als Funktion der Wellenlänge beschreibt, unterscheidet sich signifikant von der visuellen Empfindlichkeitskurve des menschlichen Auges. Es weist ein deutliches Maximum bei blau (464 nm) auf und sinkt dann mit zunehmender Wellenlänge signifikant ab. Verkürzt könnte man sagen, dass eigentlich nur blaues Licht eine signifikante biologische Wirkung besitzt.

Hier gibt es einen interessanten Bezug zu der Art und Weise, wie LEDs weißes Licht erzeugen. Da LEDs grundsätzlich nur monochromatisches Licht produzieren können, muss zur Erzeugung von weißem Licht noch eine zusätzliche Konversion stattfinden. Dazu wird ein Lichtkonverter auf einem blau emittierenden LED Chip angebracht, der das blaue Licht absorbiert und in Form von gelbem Licht abstrahlt. Die Mischung des durchdringenden blauen Lichtes mit dem konvertierten gelben Licht ergibt weiß. Spektral gesehen besitzt das weiße Licht der LED einen schmalbandigen, blauen Anteil und einen breitbandigen Anteil im grün-gelben Bereich. Durch Variation der Dicke des Lichtconverters können die Intensitätsverhältnisse dieser beiden Spektralbereiche eingestellt werden. Wir haben also mit der LED eine Lichtquelle, bei der man die spektralen Blauanteile unabhängig vom restlichen Spektrum einstellen kann. Dies gilt insbesondere für die oben beschriebenen Light-Engines, die für diesen Zweck auch separat steuerbare, blaue LEDs enthalten können.

Mit etwas Phantasie kann man sich nun vorstellen, dass zukünftige Beleuchtungssysteme über den Tagesverlauf hinweg ihre Lichtfarbe ändern und z.B. den Verlauf des natürlichen Lichtes imitieren. Denkbar wäre auch, dass man den biologisch wirksamen Blauanteil in der indirekten Beleuchtung unabhängig von der direkten Beleuchtung eines Arbeitsplatzes regelt. Es gibt Indizien dafür, dass unser nicht-visueller Rezeptor im Auge nur für Licht empfindlich ist, das schräg von oben auf das Auge trifft. Die unterschiedliche Richtungsabhängigkeit der visuellen und nicht-visuellen Rezeptoren kann dafür genutzt werden, biologisch wirksames und visuell benötigtes Licht unabhängig voneinander einzustellen. Damit ist es, zumindest aus technologischer Sicht, möglich geworden, unserer zukünftigen LED Beleuchtung auch biologische Aufgaben, wie z.B. eine Zeitgeberfunktion für unsere biologische Uhr, zu übertragen. Im Zeitalter des „Solid State Lightings“, also der LED basierten Allgemeinbeleuchtung, wird es nun auch möglich, auf die unterschiedlichen Bedürfnisse verschiedener Altersgruppen in der Bevölkerung einzugehen. Ältere Menschen verlieren z.B. durch die Eintrübung ihrer Linsenkörper im Auge insbesondere an Sensitivität im blauen Spektralbereich. Es könnte sowohl für das visuelle Sehen, als auch für die biologische Taktung der inneren Uhr durchaus Sinn machen, für diese Zielgruppe den Blauanteil in der Beleuchtung etwas höher einzustellen, als für jüngere Menschen.

Diese Beispiele zeigen, dass die LED ein weit größeres Potential bietet, als nur das Ersetzen konventioneller Lichtquellen. Die am häufigsten angeführten Vorteile sind bislang die hohe und immer noch steigende Energieeffizienz, sowie die lange Lebensdauer der LEDs. Auch die Tatsache, dass LED Lichtquellen keinerlei giftigen oder umweltbelastenden Materialien enthalten ist ein vielfach diskutierter Vorzug. Unsere Vorstellung von Beleuchtung ist immer noch stark geprägt von einer der erfolgreichsten Innovationen des letzten Jahrtausends, der elektrischen Glühlampe. Solange LED Lampen versuchen, so auszu-

sehen wie Glühlampen, werden sie immer einen großen Teil ihres Potentials ungenutzt lassen. Das Einschrauben einer LED Lampe in milliardenfach verbauten Edison-Schraubsockel nimmt ihnen die Möglichkeit, ihre Potentiale auszuspielen. Wenn es uns gelingt, die Allgemeinbeleuchtung von überholten Standards zu befreien und die neuen Möglichkeiten einer andersartigen LED Beleuchtung zu nutzen, werden die Vorteile weit über eine reine Steigerung der Effizienz hinausgehen. Heute messen wir die Qualität unserer Lichtquellen in Lumen pro Watt, Prozent oder vielleicht noch mit der Farbwiedergabe oder einer Farbtemperatur. Das wird den vielen neuen Möglichkeiten zur Verbesserung unserer Lebensqualität durch eine intelligent gesteuerte, wie auch immer adaptive LED Beleuchtung nicht gerecht. Professor Mark Rea vom Rensselaer Polytechnic Institute in Troy, New York hat deshalb vorgeschlagen, neue Metriken für die Qualität einer Beleuchtung zu finden. Wie wäre es mit Glitzern pro Watt, visuelle Anziehung pro Watt, Wohlbefinden pro Watt oder schlicht und einfach Vorteile pro Watt? Licht ist auch Lebensqualität. Es ist davon auszugehen, dass die emotionalen Aspekte unserer Beleuchtung ohnehin eine größere Rolle spielen, als nur das „schlichte“ Einsparen von Energie. Eines ist jedoch sicher, mit den LEDs wird die Zukunft unserer Beleuchtung nicht langweiliger werden.

Referenzen

- [1] Markt und Technik, Juli 2010, Seite 30.
- [2] MORGEN, J.P. (03 March 2010): European Equity Research.
- [3] Der Spiegel, 49/1996, Seite 227.
- [4] SCHNITZER, I., E. YABLONOVITCH, C. CANEAU & T.J. GMITTER (1992): "Ultra high spontaneous emission quantum efficiency, 99.7% internally and 72% externally, from AlGaAs/GaAs/AlGaAs double heterostructures." Appl. Phys. Lett., vol. **62**: 131–133.
- [5] ICT for Energy Efficiency, DG-Information Society and Media, Ad-Hoc Advisory Group Report, Brussels, 24.10.2008.
- [6] BRAINARD, G.C., J.P. HANIFIN et al. (2001): Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. J. Neurosci. **21**: 6405–6412.
- [7] THAPAN, K., J. ARENDT & D.J. SKENE (2001): An action spectrum for melatonin suppression evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor, system in humans. The Journal of Physiology **535** (1): 261.
- [8] BERSON, D.M., F.A. DUNN & M. TAKAO (2002): Phototransduction by Retinal Ganglion Cells That Set the Circadian Clock. Science **295**: 1070.

DIE BRAUNSCHWEIGISCHE WISSENSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT

VERLEIHT DIE

CARL FRIEDRICH GAUSS-MEDAILLE

HERRN

DR. RER. NAT.
KLAUS STREUBEL

AUGSBURG

IN WÜRDIGUNG SEINER BESONDEREN VERDIENSTE ALS FORSCHER AUF DEM
GEBIET DER LICHTTECHNIK UND OPTOELEKTRONIK.

BASIEREND AUF WISSENSCHAFTLICHEM ERKENNTNISGEWINN INSBESONDERE
BEZÜGLICH NEUARTIGER HALBLEITER-LICHTQUELLEN KONNTE ER IN DER
BELEUCHTUNGSTECHNIK WEGWEISENDE ENTWICKLUNGEN MIT ERHEBLICHEM
INNOVATIONSPOTENZIAL BEGRÜNDEN. DR. KLAUS STREUBEL VERKÖRPERT DEN
ZUSAMMENHANG VON GRUNDLAGENFORSCHUNG UND INGENIEURPRAKTISCHER
ANWENDUNG IN HERVORRAGENDER ART UND WEISE.

Braunschweig, den 30. April 2010



Präsident
der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft

Streubel, Klaus, Dr. rer. nat., Leiter Forschung und Entwicklung, OSRAM GmbH,
Werner-von-Siemens-Str. 6, 86159 Augsburg

01.02. 1958 geb. in ???
 1977 Abitur in Asperg
 1985 Diplom Physiker an der Univ. Stuttgart
 1991 Promotion an der Univ. Stuttgart
 1991-1993 Post Doc am Swedish Institute of Technology, Stockholm
 1993-1997 Ass. Prof. am Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm,
 ab 1997 adj. prof.
 1997 Habilitation, Docentbrevis, Royal Institute of Technology, Stockholm
 1997-1999 Manager R&D bei Mitel Semiconductors, Järfälla, Schweden
 1999-2009 Senior Director R&D bei Osram Opto Semiconductors
 ab 01.07.2009 Leitung R&D des Gesamt OSRAM-Konzerns

2000 Award des R&D Magazines
 2004 Gewinner des Osram Innovation Award, Auszeichnung für die
 Entwicklung der Dünnfilm-Technologie
 2007 Gewinner des Deutschen Zukunftspreises des Bundespräsidenten

Chairman und Co-Chairman der jährlichen LED Konferenzen von SPIE Photonics
 und Intertech

Mitglied des wiss. Beirats des Paul Drude Instituts in Berlin

Mitglied des wiss. Beirats des Center for Nanointegration, Duisburg-Essen
 (CeNIDE)

Mitglied IEEE, DPG, DGKK (Deutsche Gesellschaft für Kristallzucht und Kristall-
 wachstum)

Zahlreiche Publikationen, 124 Patente (als Erfinder).

Schlußwort zur Jahresversammlung der BWG am 30. April 2010

CLAUS-ARTUR SCHEIER

LED, verehrte Festversammlung, „Licht emittierende Dioden“, ist ein Terminus technicus, der in seinen drei Bestandteilen und ihrer Kombination drei Jahrtausende aufklingen läßt. *Licht* ist ein zeitgenössisches Wort indogermanischen Ursprungs, „emittierend“ ein lateinisches und „Diode“ ein griechisches. *Hē díodos*, wörtlich: Durch-Weg, hieß der Gebirgspfad, die Gasse, der Durchgang überhaupt (in der frühesten wissenschaftlichen Medizin, der Hippokratischen, auch der Durchgang der Fäkalien durch den Darm), und *emittere* meint das Aussenden von jemandem oder etwas (so des Sehstrahls in Richtung des Gegenstands). Im Wort der griechischen, der lateinischen und der eignen Sprache sprechen die drei klassischen Epochen des wissenschaftlich-technischen Denkens und in ihrer Synthese – mit der für die Moderne charakteristischen Abbréviation: LED – unsre eigne Gegenwart.

Herzlichen Dank dem diesjährigen Träger der Carl Friedrich Gauß-Medaille Dr. Klaus Streubel für das prospektive Prisma des Festvortrags! Andreas Waag für die Laudatio – und für die Gestaltung des vormittäglichen Kolloquiums Andreas Tünnermann aus Jena, Karl-Joachim Ebeling aus Ulm, Wolfgang Kowalsky von der TU und Otto Göbel von der PTB.

Durchaus modern waren die Titel des Kolloquiums wie des Festvortrags: *Das Licht der Zukunft* und *Leuchtende Zukunft*. Denn wiewohl mit dem Übergang von der alten anschaulichen zur methodisch-experimentellen Empirie bereits im 17. Jahrhundert die szientifisch-anthropologisch gedachte Zukunft ins Blickfeld Europas tritt, bleibt sie doch das infinitesimale Korrelat der immer noch ontotheologisch gedachten Gegenwart, und erst die industrielle Moderne unterstellt das neue Welt-Gefühl der *lastenden Zeit* ganz dem Primat des Kommenden. Ihn meint der berühmte Satz aus Heideggers *Sein und Zeit*: „Höher als die Wirklichkeit steht die *Möglichkeit*“.

Aber die der aufgeklärten Menschheit aus den Utopien des 19. Jahrhunderts vorleuchtende Zukunft scheiterte in der Mitte des 20. Jahrhunderts am Schein ihrer umstandslosen Machbarkeit, und zwei Jahre nach dem Atompilz über Hiroshima mit seinen mehr als 86.000 Toten eröffneten Adorno und Horkheimer ihre *Dialektik der Aufklärung* mit dem Satz: „Seit je hat Aufklärung im umfassendsten Sinn fortschreitenden Denkens das Ziel verfolgt, von den Menschen

die Furcht zu nehmen und sie als Herrn einzusetzen. Aber die vollends aufgeklärte Erde strahlt im Zeichen triumphalen Unheils.“

Ein knappes halbes Jahrhundert später – 1990, damals machte das Modewort „Postmoderne“ die Runde – wurde dem Soziologen Niklas Luhmann deutlich: „Während die, sagen wir, klassische Moderne die Erfüllung ihrer Erwartungen in die Zukunft auslagerte und damit alle Probleme der Selbstbeobachtung und Selbstbeschreibung der Gesellschaft sich durch das ‚noch nicht‘ der Zukunft abnehmen ließ, ist ein Diskurs der Postmoderne ein Diskurs ohne Zukunft. [...] Denn von der Zukunft kann man jetzt nur noch wissen, daß sie anders sein wird als die Vergangenheit.“ Tatsächlich mutet es mich immer ein wenig antiquiert an, den einen oder andern Naturwissenschaftler pessimistisch, ja apokalyptisch argumentieren zu hören. Dagegen hat – der heutige Tag mag es belegen – der ungebrochene Schwung der Ingenieurwissenschaften etwas zukunftsweisend Erfrischendes. Luhmanns Rede vom „Diskurs ohne Zukunft“ meint ja gerade nicht Resignation, sondern innovatives Denken, das die Einbildungskraft an den Zügel nimmt, sich an die Sache hält: an das *hier und jetzt Mögliche*, und so im genauen Sinn des Wortes nicht *utopisch*, sondern *topisch* ist. Dank dieser aufgehellten Nüchternheit dürfen wir wohl darauf vertrauen, daß die „leuchtende Zukunft“ nicht die „strahlende“ sein wird, vor der die *Dialektik der Aufklärung* sich entsetzte, sondern einfach eine Zukunft mit besseren Lichtquellen als den kurios betulichen „Energie-Sparlampen“, und daß dies „Licht der Zukunft“ vielleicht wohlicher leuchten wird in einer wohlicheren Welt.

In diesem Sinn danke ich zum Schluß – gleich mit guten Wünschen ins neue Lustrum! – Herrn Stadtrat Wolfgang Laczny für die freundlichen, der Arbeit unsrer BWG so gewogenen Grußworte unsrer schönen Stadt Braunschweig – und mögen deren mannigfache *diódoi* Sie, meine sehr verehrten Damen und Herren, nicht im Zwielficht stolpern lassen.

Mitteilungen

Veröffentlichungen

Im Berichtsjahr wurde veröffentlicht:

Jahrbuch 2009 der BWG mit 304 Seiten

Geschäftliche Mitteilungen:

Am 31.12.2010 gehörten der BWG 149 ordentliche Mitglieder an, davon 79 unter 70 Jahren, sowie 66 korrespondierende Mitglieder. Die Zahl der Mitglieder unter 70 Jahren betrug in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften 29, in der Klasse für Ingenieurwissenschaften 27 und in der Klasse für Geisteswissenschaften 24. Von den ordentlichen Mitgliedern zählten zum Bereich Braunschweig 83, zum Bereich Clausthal 13, zum Bereich Göttingen 8, zum Bereich Hannover 40, zum Bereich Hildesheim 1 und zum Bereich Osnabrück 4.

Das Plenum trat am 10.12.2010 zu seiner jährlichen Hauptsitzung zusammen, nahm die Jahresberichte des Präsidenten und des Generalsekretärs entgegen und beschloss den Haushalt 2011. In der Wahlsitzung am 10.12.2010 wurden die auf den Seiten 197 ff. vorgestellten Mitglieder zugewählt.

Das am 09.07.2010 tagende Konzil wählte die Gauß-Preisträgerin 2011 und legte die Feierliche Jahresversammlung auf den 13.05.2011 fest.

Personalia

Todesfälle

- 21.05.2010 Wilhelm Hofmann (*06.07.1910), Dr.-Ing., Prof. em. für Baukonstruktion und Entwerfen, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Ordentliches Mitglied in der Klasse für Bauwissenschaften seit 1971; seit 1985 korrespondierendes Mitglied in der Klasse für Ingenieurwissenschaften.
- 28.05.2010 Koichi Tsujimura (*18.02.1922), Dr.phil., Prof. für Philosophie, Universität Kyoto/Japan. Korrespondierendes Mitglied in der Klasse für Geisteswissenschaften seit 1983.
- 11.07.2010 Johannes Zahlten (*25.01.1938), Dr. phil., Prof. für Kunstgeschichte, Hochschule für Bildende Künste, Braunschweig. Ordentliches Mitglied in der Klasse für Geisteswissenschaften seit 1997.
- 08.09.2010 Hans-Joachim Kowalsky (*16.07.1921), Dr.rer.nat., Prof. em. für Mathematik, Technische Universität Braunschweig. Ordentliches Mitglied in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften seit 1968. Vorsitzender der Klasse von 01.01.1995 bis 31.12.1997.
- 05.10.2010 Hermann Witting (*29.05.1927), Dr.rer.nat. Dr.rer.nat.h.c., Prof. em. für Mathematik, Universität Freiburg. Korrespondierendes Mitglied in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften seit 1992.
- 12.10.2010 Werner Deutsch (*04.08.1947), Dr.rer.nat., Prof. für Psychologie, TU Braunschweig. Ordentliches Mitglied in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften seit 2001.

Nachruf

WERNER DEUTSCH

* 04.08.1947 † 12.10.2010

Am 12. Oktober 2010 ist Werner Deutsch, Professor für Psychologie an der TU Braunschweig, während eines Urlaubsaufenthaltes völlig unerwartet verstorben. Wir trauern um einen engen, verständnisvollen Freund und allseits geschätzten Kollegen. Die akademische Psychologie wird durch den Tod von Werner Deutsch sehr viel ärmer, da sie einen unabhängigen Geist verliert, der das Fach gerade dadurch bereichert hat, dass er sich die Freiheit nahm, gegen den Strom zu schwimmen und quer zu denken. Die Entwicklungspsychologie beklagt den Verlust eines ihrer sichtbarsten Vertreter, denn Werner Deutsch gehörte nicht nur zu den wichtigen Fachvertretern auf den Gebieten der Sprachentwicklung, der Zwillingsforschung und der Geschichte der Psychologie, sondern er hat auch den Diskurs über das Selbstverständnis des Faches nachhaltig beeinflusst. Zu seinen Überzeugungen gehörte das Credo, die Kenntnis der Entwicklung eines Menschen könne dazu beitragen, ihn besser zu verstehen; und was, wenn nicht das Bemühen um Verständnis, sollte oberstes Ziel der Entwicklungspsychologie sein?

Geboren am 4. August 1947 am Stadtrand von Kleve, in katholischem Milieu und relativ einfachen Verhältnissen aufgewachsen, entwickelte Werner Deutsch schon früh das, was man bei Erwachsenen ein breites kulturelles Interessenspektrum nennt. In seinem Lebenslauf spricht er von „zu vielen Interessen“ und zählt dazu Biologie, Musik, Kunst, Literatur, Theater, Theologie, etc. In der Breite und in der Ausrichtung der Themen deutet sich hier bereits an, dass er sein Leben lang bemüht war, sich selbst und andere Menschen zu bilden. Seine Distanz zur sog. main stream psychology war auch eine Distanz zu der von ihr bewusst gesuchten und nicht hinterfragten Einengung auf äußerst spezielle Fragestellungen, bei der häufig das Bewusstsein für den Menschen als unteilbare Vielfalt verloren geht.

Es war nur folgerichtig, dass Werner Deutsch 1966 das Studium an der Universität Münster mit der Fächerkombination Psychologie, Sprachwissenschaften und Philosophie begonnen hat. Nach einer Unterbrechung durch die Einberufung zum Wehrdienst und Kriegsdienstverweigerung setzte er 1968 das Studium der Psychologie an der Universität Marburg fort. Der Wechsel nach Marburg war für ihn nicht nur privat, sondern auch fachlich einer sehr glückliche Entscheidung,

denn er lernte dort hautnah das Spannungsfeld kennen, in dem die Psychologie am fruchtbarsten ist: einerseits die Ausrichtung als akademische Naturwissenschaft, andererseits aber auch unter dem Einfluss von Karl Heinz Stäcker die Einsicht in die Notwendigkeit einer humanistisch geprägten Psychologie.

Nach dem Diplom war Werner Deutsch von 1972 bis 1976 Forschungsassistent bei Theo Herrmann im Bereich der Sprachpsychologie. Auch während dieser wissenschaftlich äußerst produktiven Zeit hat er nicht den Blick dafür verloren, dass zu Bildung mehr gehört als die fachliche Qualifikation. Bei Heika Straub hat er am Moreno-Institut in Stuttgart die Psychodrama-Ausbildung absolviert, bei Dorothea Brinkmann die Gesangsausbildung begonnen.

Recht bald im Anschluss an die Promotion bei Theo Herrmann erhielt Werner Deutsch ein Stipendium für einen Aufenthalt an der Stanford University. Die Zusammenarbeit mit Eve und Herbert Clark ermöglichte ihm, seine Expertise in Sprachpsychologie zu erweitern. Für sein Selbstverständnis als Psychologe war aber viel wichtiger, dass er in dieser Zeit zufällig mit dem vergessenen Werk von Clara und William Stern in Berührung kam. Zwar war Werner Deutsch von 1977 bis 1987 für 10 Jahre am Max-Planck-Institut für Psycholinguistik in Nijmegen – einem „Forschungsparadies“, wie er selbst es ausdrückte – und hat dort in den hoch angesehenen Arbeitsgruppen von Willem Levelt und Wolfgang Klein mitgearbeitet; gleichzeitig aber hat er sich, nicht zuletzt unter dem Einfluss von Sterns „kritischem Personalismus“, immer weiter von der naturwissenschaftlich orientierten, experimentell und analytisch ausgerichteten Sprachpsychologie entfernt.

Im Laufe der Zeit war Werner Deutsch mehr und mehr von Sterns Grundsatz überzeugt, der Mensch sei zuallererst *unitas multiplex*, also die Ganzheit in der Vielfalt, die sich eben nicht aufspalten und dann aus Einzelteilen wieder zusammensetzen lässt. Deshalb schätzte er, im strikten Gegensatz zur vorherrschenden methodischen Grundüberzeugung, Entwicklungstagebücher als reichhaltige und verlässliche Datenquelle. Mit dieser Orientierung ist Werner Deutsch am 1. April 1987 auf eine Professur für Psychologie an der TU Braunschweig gewechselt und hat dort bis zu seinem Tode die Abteilung für Entwicklungspsychologie geleitet sowie Lehraufgaben in der Entwicklungspsychologie, der Differentiellen Psychologie, der Kognitiven Psychologie und dem Fach „Psychologie des Sprechens und Handelns“ wahrgenommen.

Hochschullehrer zu sein bedeutete für ihn, die Aufgabe des Lehrers ernst zu nehmen und sich darauf einzulassen. Er hat mit Hingabe und Freude unterrichtet. Es ging ihm nicht primär um Wissensvermittlung, sondern darum, seine Begeisterung überspringen zu lassen und den Studierenden Bezugspunkte für die berufliche Identität als Psychologe zu bieten. Die Studierenden haben ihn für sein Engagement geschätzt und seine Offenheit und Spontaneität geliebt. Werner Deutsch war aber auch Professor in des Wortes ursprünglicher Bedeu-

tung. Er bekannte sich zu der Geisteshaltung als Wahrheitssuchender und zum Lebensstil des Bildungsbürgers, und er setzte diese Bekenntnisse in seinem Alltag um. Den Beruf des Hochschullehrers als „Job“ zu verstehen, wäre ihm ein Gräuel gewesen.

Weiß man um diese Haltung, so kann es nicht verwundern, dass Werner Deutsch wie kaum ein anderer an seiner Universität Interdisziplinarität praktiziert hat. Er war aktiv in der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, dem Naturwissenschaftlich-Philosophischen und dem Ästhetikkolloquium. Er bemühte sich auf diesem Wege, Psychologie mit anderen kulturellen Schöpfungen, wie der Kunst, der Literatur, der Ästhetik, zu verbinden, und er suchte im Diskurs mit anderen Disziplinen nach einem Bezugsrahmen für das eigene Fach.

Während seiner Tätigkeit an der TU Braunschweig hat Werner Deutsch entscheidend zur Entwicklung des Instituts für Psychologie beigetragen. Er hat das Institut im Bewusstsein der Universität durch sein hochschulpolitisches Engagement präsent gemacht. Als Dekan des Fachbereichs und als Senatsmitglied in drei Wahlperioden hat Werner Deutsch sich um die Weiterentwicklung der TU Braunschweig verdient gemacht. Darüber hinaus war er Vertrauensdozent der Studienstiftung des Deutschen Volkes und stimmberechtigtes Mitglied im Graduiertenausschuss des Bischöflichen Cusanuswerks.

Wie kaum ein anderer Kollege verstand er es, seine Studentinnen und Studenten für ein engagiertes Studium zu gewinnen, sie darüber hinaus teamfähig zu machen. Werner Deutsch fand – trotz seiner großen Arbeitsbelastung – nicht nur Zeit, ihnen zuzuhören, er wurde ihnen zum aufmerksamen und engagierten Gesprächspartner. Für seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter war er, mehr als alles andere, Förderer ihrer wissenschaftlichen und persönlichen Entwicklung.

Wir vermissen Werner Deutschs Heiterkeit, Kreativität, Freundlichkeit und Lebensfreude. Und er hinterlässt in unserem Fach, der Psychologie, eine kaum zu füllende Lücke. Seine beeindruckende Fachkenntnis, sein Mut, unpopuläre Auffassungen nicht nur zu denken, sondern auch zu vertreten, seine Präsenz in Diskussionen und Streitgesprächen werden uns fehlen.

Siegfried Hoppe-Graff und Dieter Lüttge

Zuwahlen

Zum ordentlichen Mitglied wurden am 10.12.2010 gewählt:

in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

Schomburg, Dietmar, Prof. Dr. rer. nat., Inst. f. Biochemie & Biotechnologie, Abt. Bioinformatik & Biochemie, TU Braunschweig, Langer Kamp 19B, 38106 Braunschweig

1950, 21.04.	geb. in Braunschweig
1969	Abitur in Braunschweig
1969-1974	Studium der Chemie an der TU Braunschweig, Stipendiat der Studienstiftung
1976	Promotion in Strukturchemie
1976-1978	Postdoktorand der TU Braunschweig
1978-1979	Post-Doc an der Harvard Univ., Cambridge, Mass., USA
1979-1981	Postdoktorand der TU Braunschweig
1981-1983	Assistenz-Prof. an der TU Braunschweig
1983-1986	Leiter des Röntgenstruktur-Labors der damaligen GBF (heute HZI)
1985	Hab. im Fach Strukturchemie an der TU Braunschweig
1987-1996	Leitung der Abt. Molekulare Strukturforschung an der damaligen GBF
1987	Gründung der Braunschweiger Enzymdatenbank BRENDA
1990	Apl. Prof. an der TU Braunschweig
1996	Gastprof. an der Hebrew Univ., Jerusalem
1996-2006	Prof. am Institut für Biochemie der Univ. Köln
2001-2006	Direktor des Cologne University Bioinformatics Centre (CUBIC)
seit 2007	Prof. am Institut für Biochemie & Biotechnologie der TU Braunschweig

Mitgliedschaften in mehreren Beratungskommissionen, seit 2006 Vorsitzender der int. „Joint commission on biochemical nomenclature“ und „Enzyme commission“ of IUPAC und IUBMB.

Zahlreiche Publikationen.

in der Klasse für Ingenieurwissenschaften

Gockenbach, Ernst, Prof. Dr.-Ing., Leibniz Universität Hannover, Schering Institut, Callinstr. 25 A, 30167 Hannover

1946, 25.11. geb. in Bad Kreuznach

- 1966 Abitur in Bad Kreuznach
 1968-1974 Studium der Elektrotechnik an der TH (heute TU) Darmstadt, Dipl.-Ing.
 1974-1979 Wiss. Mitarbeiter an der TH Darmstadt, Dr.-Ing.
 1979-1982 Entwicklungsingenieur beim Siemens Schaltwerk Berlin, Leiter des Freiluftversuchsfelds
 1982-1990 Chefingenieur (Hochspannungsprüfeinrichtung und Meßtechnik) bei der E. Haefely AG, Basel
 seit 1990 Prof. für Hochspannungstechnik an der Leibniz Univ. Hannover, Leiter des Schering-Instituts
- Mitglied in zahlreichen internationalen Organisationen und Lenkungsorganen
 2002 Cigré Distinguished Member
 2004 IEC 1908 Award für Verdienste in der internationalen Normung
 2009 DKE-Nadel für Verdienste in der Normung und für außergewöhnliches Engagement in der DKE

Ca. 300 Publikationen.

Kutterer, Hansjörg, Prof. Dr.-Ing. habil., Geodätisches Institut der Leibniz Universität Hannover, Nienburger Str. 1, 30167 Hannover

- 1965, 25.07. geb. in Karlsruhe
 1985-1990 Studium der Geodäsie an der TH Karlsruhe, Dipl.-Ing.
 1990-1994 Wiss. Angestellter am Geodätischen Institut der TH Karlsruhe
 1993 Promotion
 1994-1996 Wiss. Mitarbeiter am Geodätischen Institut der TH Karlsruhe
 1996-2000 Wiss. Assistent am Geodätischen Institut der TH Karlsruhe
 2001 Habilitation
 2000-2004 Wiss. Mitarbeiter am Deutschen Geodät. Forschungsinst. (DGFI) in München, Koordinator des Arbeitsbereichs Dynamische Prozesse
 seit 2004 Prof. für Ingenieurgeodäsie und geodätische Auswertemethoden an der Leibniz Univ. Hannover, Direktor des Geodätischen Instituts

1992 Ludwig-Lenz-Medaille (Züblin AG) für besondere Studienleistungen, seit 2003 Fellow der International Association für Geodäsie (IAG), seit 2005 ordentliches Mitglied der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, zahlreiche Mitgliedschaften in nationalen und internationalen wiss. Gesellschaften.

Zahlreiche Publikationen.

Müller-Schloer, Christian, Prof. Dr.-Ing., Inst. f. Systems Engineering – System- und Rechnerarchitektur (SRA), Leibniz Universität Hannover, Appelstr. 4, 30167 Hannover

1950, 02.03. geb. in Brannenburg
 1975 Studienabschluß Elektrotechnik an der TU München, Dipl.-Ing.
 1975-1977 Wiss. Mitarbeiter der TU München, Dr.-Ing.
 1977-1980 Mitarbeiter am Forschungslabor der Siemens AG
 1980-1982 Mitarbeiter am Research Laboratory der Siemens AG in Princeton, NJ (USA)
 1982-1990 Mitarbeiter am Zentralbereich Forschung und Entwicklung der Siemens AG
 seit 1991 Prof. am Institut für Rechnerstrukturen und Betriebssysteme der Leibniz Univ. Hannover

Mitgliedschaften: GI, ITG, VDE, IEEE, ACM

1992-2002 GI/itg Sprecher Fachgruppe Personal Computing and Workstations
 2002-2005 GI/itg Sprecher Fachausschuß Rechner- und Systemarchitektur
 seit 2007 GI/itg Fachbereich Technische Informatik (Fachexperte)
 seit 2007 Framework Programm 7: Gutachter

Zahlreiche Publikationen.

in der Klasse für Geisteswissenschaften

Bei der Wieden, Brage, Dr. phil., Niedersächsisches Landesarchiv – Staatsarchiv Wolfenbüttel, Forstweg 2, 38302 Wolfenbüttel.

1963, 05.07. geb. in Cuxhaven
 1982 Abitur in Bückeburg
 1982-1988 Studium in Bonn, Wien und Göttingen
 1989 Wiss. Mitarb. am Johann-Gottfried-Herder-Institut Marburg
 1989-1992 Promotionsstudium in Göttingen
 1992-1993 Postdoktorand an einem Graduiertenkolleg der Univ. Göttingen
 1993-1995 Archivreferendariat: Staatsarchiv Osnabrück/Archivschule Marburg
 1995-1999 Archivassessor und –rat am Staatsarchiv Stade
 1999-2002 Archivrat und -oberrat am Hauptstaatsarchiv Hannover
 2002-2005 Archivoberrat und -direktor an der Niedersächsischen Staatskanzlei
 2005-2006 Dezernatsleiter an der zentralen Archivverwaltung des Niedersächsischen Landesarchivs
 ab 17.05.2006 Leiter des Staatsarchivs Wolfenbüttel; Geschäftsführer der Stiftung Niedersächsische Wirtschaftsarchiv Braunschweig

- 1999-2003 Geschäftsführer der Historischen Kommission für Niedersachsen und Bremen, seit 1999 Mitglied des Ausschusses, Mitglied des Historischen Vereins für Niedersachsen, Vorsitzender des Braunschweigischen Geschichtsvereins, Mitgliedschaft in verschiedenen Beiräten
- 1997 Preis der Gesellschaft für niedersächsischen Kirchengeschichte
- Vier Bücher, weitere vier Bücher als Mit-Autor, mehrere Herausgeberschaften, zahlreiche Publikationen in Sammelwerken.

Menzel, Ulrich, Prof. Dr. phil. habil., Institut für Sozialwissenschaften der TU Braunschweig, Bienroder Weg 97, 38106 Braunschweig

- 1947, 21.07. geb. in Düsseldorf
- 1967 Abitur in Düsseldorf
- 1967-1969 Wehrdienst
- 1969-1974 Studium der Geschichte, Germanistik, Philosophie, Soziologie und Politikwissenschaften an den Univ. Düsseldorf, Köln und Frankfurt a. M.
- 1974 Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien, Univ. Frankfurt
- 1975-1978 Doktorandenstipendium, Promotion
- 1978-1985 Wiss. Mitarbeiter an der Univ. Bremen
- 1982 Habilitation
- 1985-1986 Forschungsstipendium an der Univ. Tokyo
- 1986-1988 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Univ. Bremen
- 1988-1991 Lehrstuhlvertreter Internationale Beziehungen an der Univ. Frankfurt
- seit 1993 Prof. für Politikwissenschaften, Lehrstuhl für Internationale Beziehungen und Vergleichende Regierungslehre an der TU Braunschweig, seit 2004 geschäftsführender Leiter des Inst. für Sozialwissenschaften

Wiss. Beirat des Philologenverbands, Mitherausgeber „Journal für Entwicklungspolitik“, Wiss. Beirat der „Peripherie“, Fachgutachter für DFG, VW-Stiftung, Alexander-von Humboldt-Stiftung, Deutsche Stiftung Friedensforschung, Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.

1984 1. Preis der Fritz-Thyssen-Stiftung für den besten sozialwiss. Aufsatz.

Autor und Mit-Autor von 14 Büchern, zahlreiche weitere Publikationen.

Inhaber der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille 1949–2010

- 1949 *Walter Reppe* †, Dr. phil., Dr. phil. nat. h.c., Dr.-Ing. E.h., Honorarprofessor der Universität Mainz und der Technischen Hochschule Darmstadt.
- 1950 *Arvid Hedvall* †, fil. dr., Dr. phil. h.c., Dr.-Eng. h.c., Dr.Techn. h.c., em.o. Professor für Silikatchemie der Technischen Hochschule Göteborg/Schweden.
- 1951 *Wilhelm Nusselt* †, Dr.-Ing. E.h., em. o. Professor für Theoretische Maschinenlehre an der Technischen Hochschule München.
- 1952 *Erwin W. Müller* †, Dr.-Ing. habil., Dr. rer. nat. h.c., Dr. h.c., Evan-Pugh Res., Professor an der Pennsylvania State University, University Park, Penn./USA.
- 1953 *Gustav Wolf* †, Dr.-Ing.E.h., Professor in Münster.
- 1954 *Max Strutt* †, Dr.techn., Dr.-Ing.E.h., o. Professor für Höhere Elektrotechnik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich/Schweiz.
- 1955 *Fritz Arndt* †, Dr.phil., Dr.rer.nat.h.c., Dr.h.c., em. o. Professor für Organische Chemie an der Universität Breslau, Honorarprofessor an der Universität Hamburg.
- 1955 *Pascual Jordan* †, Dr.phil., em. o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Hamburg.
- 1956 *Ulrich Finsterwalder* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., München.
- 1957 *Georg Sachs* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., o. Professor für Metallurgie an der Syracuse University, Syracuse, N.Y./USA.
- 1958 *Werner Schmeidler* †, Dr.phil., Dr.-Ing.E.h., em. o. Professor für Mathematik an der Technischen Universität Berlin.
- 1959 *Hans Brockmann* †, Dr.sc.nat.habil., Dr.rer.nat.h.c., em. o. Professor für Organische Chemie an der Universität Göttingen.
- 1960 *Theodor von Karman* †, Dr.phil., Dr.-Ing.E.h., Dr.rer.nat.h.c.mult., LL.D., Professor am California Institute of Technology, Pasadena, Calif./USA.
- 1961 *Kurt Paul Klöppel* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., o. Professor für Statik und Stahlbau an der Technischen Hochschule Darmstadt.

- 1962 *Walter Schottky* †, Dr.phil., Dr.-Ing.E.h., Dr.rer.nat.h.c., Dr.techn.h.c., em. o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Erlangen.
- 1963 *Gottfried Köthe* †, Dr.phil., Dr.h.c., Dr.rer.nat.h.c.mult., em. o. Professor für Angewandte Mathematik an der Universität Heidelberg.
- 1964 *Carl Wagner* †, Dr.phil., Dr.rer.nat.h.c., Dr.-Ing.E.h., Professor und vormals Direktor des Max-Planck-Instituts für Physikalische Chemie in Göttingen.
- 1965 *Albert Betz* †, Dr.phil., Dr.-Ing.E.h., Dr.sc.techn.h.c., Professor und vormals Direktor der Aerodynamischen Versuchsanstalt und des Max-Planck-Instituts für Strömungsforschung in Göttingen.
- 1966 *Wilhelm Becker* †, Dr.phil., Dr.h.c., em. o. Professor und Direktor der Astronomisch-Meteorologischen Anstalt der Universität Basel/Schweiz.
- 1967 *Henry Görtler* †, Dr.phil.habil., LL.D.h.c., em. o. Professor für Mathematik und vormals Direktor des Instituts für Angewandte Mathematik der Universität Freiburg i. Br..
- 1968 *Egon Orowan* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., o. Professor für Mechanical Engineering am Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass./USA.
- 1969 *E. Arne Bjerhammer*, tekn. dr., Professor für Geodäsie an der Kungl. Tekniska Högskolan in Stockholm/Schweden.
- 1970 *Elie Carafoli* †, Dr.rer.nat., Professor für Aero-Gas-Dynamik am Polytechnischen Institut Bukarest und vormals Direktor des Institut de Mécanique des Fluides „Traian Vuia“ in Bukarest/Rumänien.
- 1971 *Walter Dieminger* †, Dr.rer.techn., apl. Professor für Geophysik an der Universität Göttingen und vormals Direktor des Max-Planck-Instituts für Aeronomie in Lindau/Harz.
- 1972 *Hubert Rüsch* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., em. o. Professor für Massivbau an der Technischen Hochschule München und vormals Direktor des Amtlichen Materialprüfungsamtes für das Bauwesen.
- 1973 *Viktor Gutmann* †, Dr.techn., Ph.D., Sc.D., Dr.rer.nat.h.c., Dr.Sc.h.c., em. o. Professor für Anorganische Chemie an der Technischen Universität Wien/Österreich.
- 1974 *Friedrich Tamms* †, Dr.h.c., Professor, Beigeordneter der Stadt Düsseldorf (Stadtbaurat i.R.), Freischaffender Planer.
- 1975 *Sir Michael James Lighthill* †, FRS, FRAeS, Hon.D.Sc.mult., Professor für Mathematik an der University of Cambridge/Großbritannien.
- 1977 *Walter Maurice Elsasser* †, Dr.phil., o. Professor für Geophysik an der Johns Hopkins University, Baltimor, Maryland/USA.

- 1977 *Helmut Moritz*, Dr.techn., Dr.-Ing.E.h., o. Professor für Geodäsie an der Technischen Universität Graz/Österreich.
- 1977 *László Fejes Tóth* †, Dr., Professor und Direktor des Mathematischen Forschungsinstituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest/Ungarn.
- 1978 *Ulrich Grigull* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., em. o. Professor für Thermodynamik an der Technischen Universität München.
- 1979 *Wolf Freiherr von Engelhardt* †, Dr.phil., em. o. Professor für Mineralogie und Petrographie an der Universität Tübingen.
- 1980 *Hans Kuhn*, Dr.phil., Dr.rer.nat.h.c., Professor und vormals Direktor am Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie in Göttingen.
- 1981 *Martin Kneser* †, Dr.rer.nat., o. Professor für Mathematik an der Universität Göttingen.
- 1982 *Walter Burkert*, Dr.phil., o. Professor für Klassische Philologie an der Universität Zürich/Schweiz.
- 1983 *Leopold Müller* †, Dr.techn., Dr.mont.h.c., Honorarprofessor für Felsmechanik an der Universität Salzburg/Österreich.
- 1984 *Heinz Beneking* †, Dr.rer.nat., o. Professor und Direktor des Instituts für Halbleitertechnik an der RWTH, Aachen.
- 1985 *Gerhard Ertl*, Dr.rer.nat., Dr.h.c., Professor und Direktor am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin.
- 1986 *Arno Borst* †, Dr.phil., o. Professor für Mittelalterliche Geschichte an der Universität Konstanz.
- 1987 *Olgierd Cecil Zienkiewicz*, FRS, Ph.D., D.Sc., Hon.D.Sc.mult., Professor of Civil Engineering an der University of Wales/Swansea/Großbritannien.
- 1988 *Heinz Brauer* †, Dr.-Ing., Professor für Chemische Ingenieurtechnik an der Technischen Universität Berlin.
- 1989 *Herbert Walther*, Dr.rer.nat., Professor für Experimentalphysik an der Universität München und Direktor des Max-Planck-Instituts für Quatenoptik in Garching.
- 1990 *Raymond Klibansky* †, Dr.phil., Dr.phil.h.c., Professor der Philosophie (Logik und Metaphysik) an der McGill University in Montreal/Kanada und Fellow des Wolfson College Oxford.
- 1991 *Wilfried B. Krätzig*, Dr.-Ing. Dr.-Ing.E.h., Professor für Ingenieurmechanik an der Ruhr-Universität Bochum.

- 1992 *Ernst-Dieter Gilles*, Dr.-Ing., Professor für Meß- und Regelungstechnik an der Universität Stuttgart.
- 1993 *Hans-Heinrich Voigt*, Dr.rer.nat., em. o. Professor für Astronomie und Astrophysik an der Universität Göttingen.
- 1994 *Josef Fleckenstein* †, Dr.phil., em. o. Professor für Mittelalterliche Geschichte, zuvor Direktor des Max-Planck-Instituts für Geschichte in Göttingen.
- 1995 *David G. Crighton* †, FRS, Head of Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics, University of Cambridge/Großbritannien.
- 1996 *Gerhard Frey*, Dr.rer.nat., Dr.h.c., Professor für Mathematik an der Universität Essen.
- 1997 *Arnold Esch*, Dr.phil., Professor für Mittelalterliche Geschichte, Direktor des Deutschen Historischen Instituts in Rom/Italien.
- 1998 *Christian Menn*, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., em. Professor für Konstruktiven Ingenieurbau an der ETH Zürich/Schweiz.
- 1999 *Christian Wandrey*, Dr.rer.nat., Professor für Biotechnologie, Universität Bonn, Direktor des Instituts für Biotechnologie des Forschungszentrums Jülich.
- 2000 *Klaus J. Hopt*, Dr.jur. Dr.phil. Dres.h.c., Professor für ausländisches und internationales Privatrecht, Universität Hamburg, Direktor des Max-Planck-Instituts für ausländisches und internationales Privatrecht, Hamburg.
- 2001 *Robert Piloty*, Dr.-Ing., Professor em. für Datentechnik an der Technischen Universität Darmstadt.
- 2002 *Wolfgang Krätschmer*, Dr.rer.nat., Professor für Kern- und Astrophysik am Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg.
- 2003 *Niklot Klüßendorf*, Dr.phil., apl. Professor für Numismatik und Geldgeschichte an der Philipps Universität, Marburg.
- 2004 *Joachim Milberg*, Dr.-Ing. Dr.h.c.mult. Dr.-Ing. E.h.mult., Professor für Maschinenbau und Produktionswissenschaften, München.
- 2005 *Klaus von Klitzing*, Dr.rer.nat. Dr.h.c.mult., Professor für Festkörperphysik, Direktor am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart, Honorarprofessor an der Universität Stuttgart
- 2006 *Peter Bürger*, Dr.phil.habil., Professor em. für Literaturwissenschaft (Französisch) und Ästhetische Theorie an der Universität Bremen

- 2007 *Herbert A. Mang*, Dipl.-Ing. Dr.techn. Ph.D. Dr.h.c.mult., Ordentlicher Universitäts-Professor für Elastizitäts- und Festigkeitslehre an der Technischen Universität Wien
- 2008 *Rudolf K. Thauer*, Dr.rer.nat.habil. Dr.h.c.mult., Professor für Mikrobiologie, Direktor des Max Planck Instituts für terrestrische Mikrobiologie, Marburg
- 2009 *Walther Ludwig*, Dr.phil., Professor em. für Klassische Philologie an der Universität Hamburg
- 2010 *Klaus Streubel*, Dr.rer.nat., LED-Technologie, Leiter Forschung und Technologie der Osram GmbH, Augsburg

MITGLIEDERVERZEICHNIS (Stand: 31.12.2010)

Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Fallersleber-Tor-Wall 16, 38100 Braunschweig
Telefon: (0531) 1 44 66. Telefax: (0531) 1 44 60
E-Mail: poststelle@bwg.niedersachsen.de,
Homepage: <http://www.bwg-niedersachsen.de>

Präsident: Prof. Dr.rer.nat. Dr.h.c. Joachim Klein
(bis 31.12.2010)

Generalsekretär: Prof. Dr.med. Dr.phil. Claus-Artur Scheier
(bis 31.12.2012)

Geschäftsstelle: Frau Hannelore Haubold (Büroleiterin)
Frau Gabriele Petersen

Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

Vorsitzender: Prof. Dr.rer.nat. Thomas Hartmann (bis 31.12.2012)

Ordentliche Mitglieder:

Bahadir, Müfit (13.11.1947), Dr.rer.nat. Dr.agr.habil. Dr.h.c., Prof. (Ökologische Chemie und Abfallanalytik, TU Braunschweig), Lübenstraße 6, 38124 Braunschweig

Balling, Rudi (17.10.1953), Dr.troph., Prof. u. Direktor (Infektionsbiologie, Säugetiergenetik, Luxembourg Centre for Systems Biomedicine, Université du Luxembourg), Siekgraben 32, 38124 Braunschweig

Behrens, Peter (29.6.1957), Dr.rer.nat., Prof. (Anorganische Chemie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Danziger Ring 5, 30900 Wedemark-Mellendorf

Blöchl, Peter (24.6.1959), Dr.rer.nat., Prof. (Theoretische Physik, TU Clausthal), Dr.-Nieper-Straße 13, 38640 Goslar

Brandes, Dietmar (12.3.1948), Dr.rer.nat.habil., Prof. u. Dir. (Botanik, Universitätsbibliothek, TU Braunschweig), Allerstraße 6, 38106 Braunschweig

Braß, Helmut (22.2.1936), Dr.rer.nat., Prof. (Angewandte Mathematik, TU Braunschweig), Hilsstraße 26, 38122 Braunschweig

- Ehrich, Hans-Dieter (2.2.1943), Dr.rer.nat., Prof.em. (Informatik, TU Braunschweig), Mannheimstraße 66, 38112 Braunschweig
- Ertmer, Wolfgang (13.2.1949), Dr.rer.nat., Prof. (Experimentalphysik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Granatstraße 24, 30823 Garbsen
- Gericke, Karl-Heinz (3.6.1951), Dr.phil.nat., Prof. (Physikalische Chemie, TU Braunschweig), Mühlenweg 12, 38122 Braunschweig
- Glaßmeier, Karl-Heinz (28.4.1954), Dr.rer.nat., Prof. (Geophysik, TU Braunschweig), Sauerbruchstraße 17, 38116 Braunschweig
- Göbel, Ernst Otto (24.3.1946), Dr.rer.nat., Prof. u. Präs. (Experimentalphysik, PTB Braunschweig), Oscar-Fehr-Weg 16, 38116 Braunschweig
- Harborth, Heiko (11.2.1938), Dr.rer.nat., Prof. a.D. (Mathematik, TU Braunschweig), Bienroder Weg 47, 38106 Braunschweig
- Hartmann, Thomas (2.2.1937), Dr.rer.nat., Prof. (Pharmazeutische Biologie, TU Braunschweig), Walter-Hans-Schultze-Straße 21, 38116 Braunschweig
- Haux, Reinhold (22.05.1953), Dr.rer.biol.hum. (Medizinische Informatik, TU Braunschweig und MHH), Am Forst 31, 38302 Wolfenbüttel
- Henzler, Martin (18.5.1935), Dr.rer.nat., Prof. (Festkörperphysik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Finkenweg 6, 38826 Garbsen OT Schloss Ricklingen
- Hopf, Henning (13.12.1940), Dr.phil. Dr.h.c., Prof. (Organische Chemie, TU Braunschweig), Steinbrecherstraße 9, 38106 Braunschweig
- Hövermann, Jürgen (15.3.1922), Dr.rer.nat., Prof.em. (Geographie, Georg-August-Universität Göttingen), Nelkenweg 10, 37154 Northeim
- Hulek, Klaus (19.8.1952), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Mathematik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Peiner Weg 17, 31303 Burgdorf
- Jahn, Dieter (1.8.1959), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Mikrobiologie, TU Braunschweig), In den Schönen Morgen 14, 38300 Wolfenbüttel
- Jockusch, Brigitte M. (27.9.1939), Dr.rer.nat., Prof. (Zoologie, TU Braunschweig), Wendenstraße 28/29, 38100 Braunschweig
- Kanold, Hans-Joachim (29.7.1914), Dr.rer.nat.habil., Prof.em. (Mathematik, TU Braunschweig), Am Hohen Tore 4 A, Augustinum, 38118 Braunschweig
- Kaufmann, Dieter Eckart (18.11.1948), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Organische Chemie, TU Clausthal), Oberer Triftweg 22, 38640 Goslar
- Klein, Joachim (20.8.1935), Dr.rer.nat. Dr.h.c., Prof. (Makromolekulare Chemie, TU Braunschweig), Hühnerkamp 21, 38104 Braunschweig

- Litterst, Fred Jochen (9.12.1945), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Experimentalphysik, TU Braunschweig), Nordendorfweg 4 a, 38110 Braunschweig
- Maaß, Günter (7.1.1934), Dr.rer.nat., Prof. u. Dir. (Biophysikalische Chemie, GBF Braunschweig), Im Eichholz 27, 30657 Hannover
- Meijere, Armin de (18.5.1939), Dr.rer.nat., Prof. (Chemie, Georg-August-Universität Göttingen), Brombeerweg 13, 37077 Göttingen
- Mendel, Ralf-Rainer (20.3.1952), Dr.rer.nat.habil. Dr.sc.nat., Prof. (Botanik, TU Braunschweig), Wiesengrund 3, 38542 Leiferde
- Müller, Georg (1.10.1930), Dr.rer.nat., Dr.rer.nat.h.c., Prof.em. (Mineralogie und Petrographie, TU Clausthal), Einersberger Blick 27, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Müller-Goymann, Christel Charlotte (5.12.1951), Dr.rer.nat., Prof. (Pharmazeutische Technologie, TU Braunschweig), Am Rübenberg 16, 38104 Braunschweig
- Pott, Richard (8.7.1951), Dr.rer.nat., Prof. (Geobotanik, Landschaftsökologie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Waldersee Straße 19, 30177 Hannover
- Richter, Egon (24.3.1928), Dr.rer.nat., Prof.em. (Theoretische Physik, TU Braunschweig), Sommerlust 33, 38118 Braunschweig
- Richter, Otto (3.8.1946), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Agrarökologie, TU Braunschweig), Kreuzwinkel 22, 38527 Meine-Abbesbüttel
- Rieger, Georg Johann (16.8.1931), Dr.rer.nat., Prof. (Mathematik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Rosenstraße 2, 31311 Uetze
- Schätzl, Ludwig (17.1.1938), Dr.oec.publ., Prof. (Wirtschaftsgeographie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Im Eichholz 49, 30657 Hannover
- Schaumann, Ernst (16.9.1943), Dr.rer.nat., Prof. (Organische Chemie, TU Clausthal), An der Trift 4 a, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Scheper, Thomas (29.3.1956), Dr.rer.nat., Prof. (Technische Chemie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Lange-Hop Straße 47 B, 30559 Hannover
- Schmidt, Gudrun (11.3.1943), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Technische Chemie, Technische Universität Clausthal), Schillerstraße 14 b, 37520 Osterode
- Schomburg, Dietmar (21.4.1950), Dr.rer.nat., Prof. (Chemie, Biochemie, Bioinformatik, TU Braunschweig), Bohnenkamp 26 b, 38108 Braunschweig
- Schügerl, Karl (22.6.1927), Dr.rer.nat., Dr.h.c., Prof.em. (Technische Chemie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Arnumer Kirchstraße 31, 30966 Hemmingen

- Schwink, Christoph (20.3.1928), Dr.rer.nat., Prof.em. (Physik, TU Braunschweig), Spitzwegstraße 21, 38106 Braunschweig
- Sonar, Thomas (27.2.1958), Dr.rer.nat. Dipl.-Ing., Prof. (Technomathematik, TU Braunschweig), Hildebrandstraße 35, 38112 Braunschweig
- Stephan, Ernst-Peter (18.5.1947), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Mathematik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Veilchenstraße 5, 30900 Wedemark
- Vollmar, Roland (1.11.1939), Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h., Prof.em. (Informatik, Universität Karlsruhe), Wendtstraße 10, 76185 Karlsruhe
- Weinert, Hanns Joachim (26.1.1927), Dr.phil. et rer.nat.habil., Prof. (Mathematik, TU Clausthal), Glückaufweg 6, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Welling, Herbert (1.9.1929), Dr.rer.nat., Prof. (Physik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Nogatweg 13, 30916 Isernhagen
- Werner, Reinhard F. (26.3.1954), Dr.rer.nat., Prof. (Theoretische Physik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Gerhart-Hauptmann-Straße 1, 38304 Wolfenbüttel
- Willerdig, Ulrich (8.7.1932), Dr.rer.nat., apl. Prof. (Botanik, Georg-August-Universität Göttingen), Calsowstraße 60, 37085 Göttingen
- Winterfeldt, Ekkehard (13.5.1932), Dr.rer.nat., Dr.h.c., Prof. (Organische Chemie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Sieversdamm 34, 30916 Isernhagen
- Wirths, Karl-Joachim (24.5.1944), Dr.rer.nat., Prof. (Mathematik, TU Braunschweig), Im Unterdorf 14 a, 38527 Meine-Abbesbüttel
- Zinner, Gerwalt (30.9.1924), Dr.phil. Dr.rer.nat.h.c., Prof.em. (Pharmazeutische Chemie, TU Braunschweig), Am Papenholz 14, 38104 Braunschweig

Korrespondierende Mitglieder:

- Bürger, Hans, Dr.rer.nat., Prof. (Anorganische Chemie, Bergische Universität Wuppertal), Kruppstraße 230, 42113 Wuppertal
- Ertl, Gerhard, Dr.rer.nat., Dr.h.c.mult., Prof. u. Dir. (Physikalische Chemie, Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft), Garystraße 18, 14195 Berlin
- Görlitzer, Klaus, Dr.rer.nat., Prof. (Pharmazeutische Chemie, TU Braunschweig), Lennéstraße 12 A, 14471 Potsdam
- Haken, Hermann, Dr.rer.nat., Dr.h.c.mult., Prof. (Theoretische Physik, Universität Stuttgart), Sandgrubenstraße 1, 71063 Sindelfingen
- Keßler, Franz Rudolf, Dr.phil., Prof.em. (Physik, TU Braunschweig), Am Krausberg 12, 52351 Düren

- Kippenhahn, Rudolf, Dr.rer.nat., Prof. u. Dir. (Astrophysik, MPI für Physik und Astrophysik), Rautenbreite 2, 37077 Göttingen
- Krätschmer, Wolfgang, Dr.rer.nat., Honorarprofessor (Kernphysik, Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg und Universität Heidelberg), Pfarrgasse 17 a, 69251 Gaiberg
- Kuhn, Hans, Dr.phil., Dr.rer.nat.h.c.mult., Prof. u. Dir. i.R. (Biophysikalische Chemie, MPI Göttingen), Chemin de Margoison 15, 1872 Troistorrents/Schweiz
- Meschede, Dieter, Dr.rer.nat., Prof. (Angewandte Physik, Universität Bonn), Wegeler Straße 8, 53115 Bonn
- Schaller, Friedrich, Dr.rer.nat., Prof. (Zoologie, Universität Wien), Regenweg 1/14/3, 1170 Wien/Österreich
- Schwab, Klaus, Dr.rer.nat., Prof. (Geologie und Paläontologie, TU Clausthal), Berliner Straße 119, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Scriba, Christoph J., Dr.rer.nat., Prof. (Geschichte der Naturwissenschaften, Universität Hamburg), Langenfelder Damm 61, Whg.64, 22525 Hamburg
- Tietz, Horst, Dr.phil., Prof.em. (Mathematik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Eilenriede-Stift, Haus B 412, Bevenserweg 10, 30625 Hannover
- Voigt, Hans-Heinrich, Dr.rer.nat., Prof.em. (Astronomie und Astrophysik, Universität Göttingen), Charlottenburger Straße 19, 37085 Göttingen
- Voronkov, Michael Gregor, Dr.rer.nat., Dr.h.c., Prof. u. Dir. (Chemie, A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry), 1 Favorsky Street, GUS
- Wandrey, Christian, Dr.rer.nat., Prof. u. Dir. a.D. (Biotechnologie, Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut 2), Wolfshovener Straße 139, 52428 Jülich

Klasse für Ingenieurwissenschaften

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Udo Peil (bis 31.12.2011)

Ordentliche Mitglieder:

- Barke, Erich (28.12.1946), Dr.-Ing.habil, Prof. und Präsident (Mikroelektronische Systeme, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Callinstraße 48, 30167 Hannover
- Beck, Hans-Peter (27.11.1947), Dr.-Ing., Prof. (Grundlagen der Elektrotechnik und Elektrische Energietechnik, TU Clausthal), Obere Trift 14, 38640 Goslar
- Bohnet, Matthias (20.7.1933), Dr.-Ing., Prof. (Verfahrens- und Kerntechnik, TU Braunschweig), Otto-Hahn-Straße 45, 38116 Braunschweig

- Buchwald, Konrad (16.2.1914), Dr.phil.nat.habil., Prof.em. (Landespflege, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Große Heide 33, 30657 Hannover
- Budelmann, Harald (6.5.1952), Dr.-Ing., Prof. (Baustoffkunde und Stahlbetonbau, TU Braunschweig), Schneekoppeweg 1, 38302 Wolfenbüttel
- Büttgenbach, Stephanus (25.1.1945), Dr.rer.nat., Prof. (Mikrotechnik, TU Braunschweig), Dr.-Bockemüller-Ring 33, 38173 Socke
- Canders, Wolf-Rüdiger (23.1.1947), Dr.-Ing., Prof. (Elektrotechnik, TU Braunschweig), Fuchshaller Weg 38, 37520 Osterode
- Carlowitz, Otto (24.6.1949), Dr.-Ing., Prof. u. Geschäftsführer (Umweltwissenschaften, CUTEC-Institut GmbH), Am Dammgraben 1, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Denkena, Berend (5.11.1959), Dr.-Ing., Prof. (Fertigungstechnik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Hermann-Sievers-Weg 2, 30900 Wedemark
- Dinkler, Dieter (25.10.1951), Dr.-Ing.habil., Prof. (Statik und Dynamik von Tragwerken, Numerische Mechanik, TU Braunschweig), Ulenflucht 17, 38226 Salzgitter
- Duddeck, Heinz (14.5.1928), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof.em. (Statik, TU Braunschweig), Greifswaldstraße 38, 38124 Braunschweig
- Ernst, Rolf (23.8.1955), Dr.-Ing., Prof. (Datentechnik und Kommunikationsnetze, TU Braunschweig), Ellernbruch 12 b, 38112 Braunschweig
- Gockenbach, Ernst (25.11.1946), Dr.-Ing., Prof. (Hochspannungstechnik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Steinwedeler Kirchweg 17, 31303 Burgwedel
- Haeßner, Frank (6.1.1927), Dr.rer.nat., Prof.em. (Werkstoffkunde und Herstellungsverfahren, TU Braunschweig), Julius-Leber-Straße 46, 38116 Braunschweig
- Heipke, Christian (5.4.1961), Dr.-Ing.habil., Prof. (Photogrammetrie und Fernerkundung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Sudetenstraße 16, 30559 Hannover
- Herrenberger, Justus (27.5.1920), Dr.-Ing., Prof.em. (Baukonstruktionen, TU Braunschweig), Ginsterweg 22, 38126 Braunschweig
- Hesselbach, Jürgen (2.11.1949), Dr.-Ing. Dr.h.c., Prof. und Präsident (Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, TU Braunschweig), Wendessener Straße 4, 38300 Wolfenbüttel
- Jeschar, Rudolf (17.6.1930), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Energieverfahrenstechnik, TU Clausthal), Bäringer Straße 30, 38640 Goslar

- Kind, Dieter (5.10.1929), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Honorarprof. u. Präs. i.R. (Hochspannungstechnik, TU Braunschweig und PTB Braunschweig), Knappstraße 4, 38116 Braunschweig
- Konecny, Gottfried (17.6.1930), Dr.-Ing., Dr.h.c.mult., Prof. (Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Wartheweg 22, 30559 Hannover
- Kowalsky, Wolfgang (23.3.1958), Dr.-Ing.habil., Prof. (Hochfrequenztechnik, TU Braunschweig), Dorothea-Erxleben-Straße 41 b, 38116 Braunschweig
- Krafczyk, Manfred (24.2.1965), Dr.-Ing.habil., Prof. (Bauinformatik, Strömungssimulation, TU Braunschweig), Krummenried 7, 38179 Rothemühle
- Kutterer, Hansjörg (25.07.1965), Dr.-Ing.habil., Prof. (Geodäsie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Seerosenstraße 9 a, 30916 Isernhagen
- Lautz, Günter (15.11.1923), Dr.rer.nat., Prof.em. (Elektrophysik, TU Braunschweig), Fallsteinweg 97, 38302 Wolfenbüttel
- Leilich, Hans-Otto (28.11.1925), Dr.-Ing., Prof.em. (Datenverarbeitungsanlagen, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 61 a, 38302 Wolfenbüttel
- Leonhard, Werner (25.5.1926), Dr.-Ing., Dr.h.c., Prof.em. (Regelungstechnik, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 54, 38302 Wolfenbüttel
- Lindmayer, Manfred (4.10.1941), Dr.-Ing., Prof. (Elektrische Energieanlagen, TU Braunschweig), Am Papenholz 15, 38104 Braunschweig
- Mahrenholtz, Oskar (17.5.1931), Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h.mult. Dr.h.c., Prof.em. (Mechanik, TU Hamburg-Harburg), Mümmelmannweg 16, 21220 Seevetal
- Marx, Claus (21.8.1931), Dr.-Ing., Dr.h.c., Prof. (Tiefbohrkunde und Erdölgewinnung, TU Clausthal), Zur Kohlerbreite 4, 88696 Owingen
- Matthies, Hans Jürgen (6.11.1921), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof.em. (Landmaschinen, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 15, 38116 Braunschweig
- Merker, Günter Peter (9.4.1942), Dr.-Ing.habil., Prof. (Technische Verbrennung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Schöneckstraße 30, 88069 Tettnang
- Mitschke, Manfred (5.5.1929), Dr.-Ing., Prof. (Fahrzeugtechnik, TU Braunschweig), Buchfinkweg 1, 38112 Braunschweig
- Möller, Dietrich (18.12.1927), Dr.-Ing., Prof.em. (Vermessungskunde, TU Braunschweig), Ziegelwiese 2, 38104 Braunschweig
- Müller, Jürgen, (13.3.1962), Dr.-Ing.habil., Prof. (Physikalische Geodäsie, Satellitengeodäsie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Im Eschbruch 8, 30952 Ronnenberg

- Müller-Schloer, Christian (02.03.1950), Dr.-Ing., Prof. (Informatik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Matthias-Claudius-Straße 16, 30989 Gehrden
- Musmann, Hans-Georg (14.8.1935), Dr.-Ing., Prof. (Nachrichtentechnik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Heckenrosenweg 24, 38259 Salzgitter
- Peil, Udo (20.4.1944), Dr.-Ing., Prof. (Stahlbau, TU Braunschweig), Försterkamp 9, 38302 Wolfenbüttel
- Radespiel, Rolf, (16.2.1957) Dr.-Ing., Prof. (Strömungsmechanik, TU Braunschweig), Wilhelmshöhe 11, 38108 Braunschweig
- Reimers, Ulrich (23.3.1952), Dr.-Ing., Prof. (Nachrichtentechnik, TU Braunschweig), Kollwitzstraße 28, 38159 Vechelde
- Rosenwinkel, Karl-Heinz (8.3.1950), Dr.-Ing., Prof. (Siedlungswasserwirtschaft, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Wachendorfer Hain 11, 30539 Hannover
- Rostásy, Ferdinand Stefan (4.5.1932), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Baustoffe und Stahlbetonbau, TU Braunschweig), Nietzschestraße 26, 38126 Braunschweig
- Rothert, Heinrich (5.12.1938), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Statik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Feldbrunnenstraße 15, 20148 Hamburg
- Scheer, Joachim (5.3.1927), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof.em. (Stahlbau, TU Braunschweig), Wartheweg 20, 30559 Hannover
- Schnieder, Eckehard (7.2.1949), Dr.-Ing. Dr.h.c.mult., Prof. (Verkehrssicherheit und Automatisierungstechnik, TU Braunschweig), Friedrich-Knoll-Straße 3, 38104 Braunschweig
- Schönfelder, Helmut (3.4.1926), Dr.-Ing., Prof.em. (Nachrichtentechnik, TU Braunschweig), Fürstenhofweg 1 A, 38667 Bad Harzburg
- Schulitz, Helmut C. (17.7.1936), Dipl.-Ing., M.Arch., Arch.BDA, Hon.FAIA, Prof. (Architektur, TU Braunschweig), Am Dahlumer Holze 27, 38126 Braunschweig
- Schwedes, Jörg (26.2.1938), Dr.-Ing., Prof. (Verfahrenstechnik, TU Braunschweig), Fasanenstraße 17, 38102 Braunschweig
- Schwerdtfeger, Klaus (16.9.1934), Dr.-Ing., Prof. (Allgemeine Metallurgie, TU Clausthal), Zeppelinstraße 28, 38640 Goslar
- Sester, Monika (19.9.1961), Dr.-Ing.habil., Prof. (Kartographie und Geoinformatik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Groß-Buchholzer Kirchweg 17, 30655 Hannover

- Siefer, Thomas Bernhard (5.3.1955), Dr.-Ing., Prof. (Eisenbahnbetriebswissenschaft, Verkehrsökonomie, TU Braunschweig), Süßeroder Straße 10, 30559 Hannover
- Stein, Erwin (5.7.1931), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Dr.h.c.mult., Prof.em. (Baumechanik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Am Ortfelde 124, 30916 Isernhagen
- Thoma, Manfred (24.2.1929), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Dr.h.c.mult., Prof. (Regelungstechnik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Westermannweg 7, 30419 Hannover
- Tönshoff, Hans Kurt (14.5.1934), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h.mult. Dr.h.c., Prof. (Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Bruchholzwiesen 10, 30938 Burgwedel
- Unger, Hans-Georg (14.9.1926), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h.mult, Dr.rer.nat.h.c., Prof.em. (Hochfrequenztechnik, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 10, 38116 Braunschweig
- Waag, Andreas (6.4.1961), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Halbleitertechnik, TU Braunschweig), Rosenstraße 27, 38106 Braunschweig
- Weh, Herbert (1.3.1928), Dr.-Ing., Dr.sc.techn.h.c., Prof. (Starkstromtechnik, TU Braunschweig), Kirchplatz 12, 87534 Oberstaufen
- Wriggers, Peter (3.2.1951), Dr.-Ing., Prof. (Baumechanik und Numerische Mechanik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Bödekerstraße 8, 30161 Hannover
- Zabeltitz, Christian von (7.8.1932), Dr.-Ing., Prof. (Technik in Gartenbau und Landwirtschaft, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Hellwiesen 3, 30900 Wedemark
- Zenner, Harald (8.7.1938), Dr.-Ing., Prof. (Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit, TU Clausthal), Narzissenhang 1, 01328 Dresden
- Zielke, Werner (8.12.1937), Dr.-Ing., Prof. (Strömungsmechanik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Lönsweg 31, 30826 Garbsen

Korrespondierende Mitglieder:

- Baehr, Hans-Dieter, Dr.-Ing., Dr.E.h., Prof. (Thermodynamik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Baumhofstraße 34, 44799 Bochum
- Bjerhammer, Arne, tekn.dr., Prof. (Geodäsie, Kungl. Tekniska Högskolan Stockholm) Schweden
- Garbrecht, Günther, Dr.-Ing., Dr.sc.h.c., Prof.em. (Wasserbau, Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, TU Braunschweig), Drosselweg 15, 38179 Schwülper

- Gersten, Klaus, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Thermo- und Fluidodynamik, Universität Bochum), Hofleite 15, 44795 Bochum
- Gilles, Ernst Dieter, Dr.-Ing. Dr.h.c.mult., Direktor (Mess- und Regelungstechnik, MPI Dynamik komplexer technischer Systeme, Magdeburg), Bauernwaldstraße 131, 70195 Stuttgart
- Kärner, Hermann Christian, Dr.-Ing., Dr.h.c., Prof.em. (Hochspannungstechnik, TU Braunschweig), Ledererweg 7, 83684 Tegernsee
- Kistenmacher, Hans, Dr.rer.pol., Prof. (Regional- und Landesplanung, Universität Kaiserslautern), Friedrich-Ebert-Straße 1, 67271 Neuleiningen
- Kose, Volkmar, Dr.rer.nat., Honorarprof. (Präzisionsmeßtechnik, TU Braunschweig, PTB Braunschweig), Nernstweg 9, 38116 Braunschweig
- Krätzig, Wilfried B., Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Statik und Dynamik/Bauingenieurwesen, Ruhr-Universität Bochum), Wagenfeldstraße 8 A, 58456 Witten
- Kreuzer, Edwin, Dr.-Ing.habil., Prof. und Präsident (Mechanik und Meerestechnik, TU Hamburg-Harburg), Gerlachstraße 12, 21075 Hamburg
- Mang, Herbert A. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr.h.c.mult. Ph.D., ordentl. Univ.-Prof. (Strukturmechanik, TU Wien), Tolstojgasse 5/10, A-1130 Wien
- Mayinger, Franz, Dr.-Ing., Prof. (Verfahrenstechnik, TU München), Am Haselnußstrauch 18, 80935 München
- Menn, Christian, Prof.em. Dr.-Ing. Dr.-Ing.E.h. (Konstruktiver Ingenieurbau, ETH Zürich), Plantaweg 21, 7000 Chur Schweiz
- Milberg, Joachim, Dr.-Ing. Dr.h.c.mult. Dr.-Ing.E.h.mult., Prof. (Maschinenbau und Produktionswissenschaften, BMW AG), Petuelring 130, 80788 München
- Moritz, Helmut, Dr.h.c.mult. Dr.techn., Prof. (Erdmessung und Physikalische Geodäsie, TU Graz), Maria-Troster-Straße 114, 8043 Graz/Österreich
- Pierick, Klaus, Dr.-Ing., Prof. (Verkehr, Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung, TU Braunschweig), Am Uhlenbusch 31, 38108 Braunschweig
- Ramm, Ekkehard, Dr.-Ing.habil. Dr.-Ing. E.h. Dr.h.c., Prof. (Baustatik, Computer orientierte Strukturmechanik, Universität Stuttgart), Sperberweg 31, 71032 Böblingen
- Reese, Stefanie, Dr.-Ing.habil., Prof. (Festkörpermechanik, RWTH Aachen) Henriettenweg 27, 44227 Dortmund
- Schlitt, Herbert, Dr.phil.nat., Prof. (Regelungstechnik, Universität Erlangen-Nürnberg), Egerlandstraße 5, 91058 Erlangen

Spengelin, Friedrich, Dipl.-Ing., Prof. (Städtebau, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Habichtshorststraße 12, 30655 Hannover

Stracke, Ferdinand, Dipl.-Ing., Prof. (Städtebau und Regionalplanung, TU München), Nederlinger Straße 30 A, 80638 München

Torge, Wolfgang, Dr.-Ing., Prof. (Theoretische Geodäsie, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Mönchekamp 4 A, 30457 Hannover

Wiendahl, Hans-Peter, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Arbeitsmaschinen und Fabrikanlagen, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Am Winkelberge 6, 30826 Garbsen

Zumpe, Günter, Dr.-Ing.habil., Dr.h.c., Prof. (Mechanik, TU Dresden), Knoopstraße 7, 01326 Dresden

Klasse für Geisteswissenschaften

Vorsitzender: Prof. Dr.phil. habil. Dr.h.c. Hans-Joachim Behr (bis 31.12.2010)

Ordentliche Mitglieder:

Adam, Wolfgang (16.3.1949), Dr.phil., Prof. (Germanistik – Neuere Deutsche Literatur, Universität Osnabrück), Falkenring 6, 49134 Wallenhorst

Alpers, Klaus (27.9.1935), Dr.phil., Prof. (Klassische Philologie, Universität Hamburg), Kolberger Straße 12, 21339 Lüneburg

Behr, Hans-Joachim (18.1.1949), Dr.phil.habil. Dr.h.c., Prof. (Ältere deutsche Sprache und Literatur, TU Braunschweig), Steige 8, 38102 Braunschweig

Bei der Wieden, Brage (6.7.1963), Dr. phil. (Geschichte, Niedersächsisches Landesarchiv, Leiter des Staatsarchivs Wolfenbüttel), Röntgenweg 8, 38302 Wolfenbüttel

Boeder, Heribert (17.11.1928), Dr.phil., Prof. (Philosophie, Universität Osnabrück), Lönsweg 10, 49076 Osnabrück

Borsche, Tilman (02.02.1947), Dr.phil., Prof. (Philosophie, Universität Hildesheim), Silberfundstraße 26, 31141 Hildesheim

Breger, Herbert (10.10.1946), Dr.rer.nat.habil., apl. Prof. und Leiter (Geschichte und Philosophie der Mathematik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover und Leibniz-Archiv), Eichstraße 7, 30161 Hannover

Conermann, Klaus (1.10.1941), Dr. phil., Prof.em. (Germanistik (Neuere deutsche Literatur), Sächsische Akademie der Wissenschaften „Fruchtbringende Gesellschaft“), Schlossplatz 18, 38304 Wolfenbüttel

- Cunz, Reiner (12.4.1958), Dr.phil., Oberkurator, Wissenschaft und Sammlungen, Münzkabinett (Numismatik, Niedersächsisches Landesmuseum Hannover), Albert-Niemann-Straße 7, 30171 Hannover
- Daniel, Ute (3.5.1953), Dr.phil., Prof. (Neuere Geschichte, TU Braunschweig), Wendenmaschstraße 7, 38100 Braunschweig
- Fritz, Wolfgang (12.7.1951), Dr.rer.pol.habil., Prof. (Betriebswirtschaftslehre, TU Braunschweig), Rebenstraße 89, 64646 Heppenheim
- Gahl, Klaus P.G. (14.6.1937), Dr.med., Prof. u. Chefarzt (Innere Medizin, Medizinische Klinik II am Städtischen Klinikum Braunschweig), Dürerstraße 10, 38106 Braunschweig
- Ganzert, Joachim (3.1.1948), Dr.-Ing.habil., Prof. (Bau- und Stadtbaugeschichte, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Mendelssohnstraße 6, 30173 Hannover
- Henne, Helmut (5.4.1936), Dr.phil., Prof. (Germanistische Linguistik, TU Braunschweig), Platanenstraße 27, 38302 Wolfenbüttel
- Hentze, Joachim (23.6.1940), Dr.rer.pol.habil. Dr.h.c.mult., Prof. a.D. (Betriebswirtschaftslehre: Unternehmensführung, TU Braunschweig), Brachvogelweg 4, 30916 Isernhagen
- Kühne, LL.M., Gunther (25.8.1939), Dr.jur., Prof. (Berg- und Energierecht, TU Clausthal), Geheimrat-Ebert-Straße 14, 38640 Goslar
- Lohse, Eduard (19.2.1924), Dr.theol.D., Honorarprof. u. Landesbischof i.R. (Ev.-luth. Landeskirche Hannover), Ernst-Curtius-Weg 7, 37075 Göttingen
- Luchterhandt, Otto (01.08.1943), Dr.jur., Prof. (Jurisprudenz, Ostrecht, Universität Hamburg), Im Wendischen Dorfe 28, 21335 Lüneburg
- Märkl, Claudia (3.7.1954), Dr.phil.habil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, Universität München), Preysingstraße 29, 81667 München
- Meier, Franz (11.9.1958), Dr.phil., Prof. (Anglistische Literaturwissenschaft, TU Braunschweig), Am Gänsgraben 1 a, 84030 Ergolding
- Meckseper, Cord (29.10.1934), Dr.-Ing.habil., Prof. (Bau- und Kunstgeschichte, Universität Hannover), Eisenacher Weg 4, 30179 Hannover
- Menzel, Ulrich (21.7.1947), Dr. phil., Prof. (Politikwissenschaft, TU Braunschweig), Parkstraße 2 a, 38159 Vechelde
- Müller, Gerhard (10.5.1929), Dr.theol., D.D., Honorarprof. u. Landesbischof i.R. (Ev.-luth. Landeskirche Braunschweig), Sperlingstraße 59, 91056 Erlangen
- Peine, Franz-Joseph (18.8.1946), Dr.jur., Prof. (Öffentliches Recht, Europa-Universität Viadrina, Frankfurt/Oder), Kurpromenade 56, 14089 Berlin

- Pollmann, Klaus Erich (12.9.1940), Dr.phil., Prof. u. Rektor (Neuere Geschichte und Zeitgeschichte, Universität Magdeburg), August-Bebel-Straße 8, 39326 Samswegen
- Raabe, Paul (21.2.1927), Dr.phil.habil., Dr.h.c.mult., apl. Prof. u. Dir. i.R. (Deutsche Literaturwissenschaft, Georg-August-Universität Göttingen, Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel), Roseggerweg 45, 38304 Wolfenbüttel
- Rengeling, Hans-Werner (25.2.1938), Dr.jur., Prof. (Umweltrecht, Universität Osnabrück), Langeworth 143, 48159 Münster
- Rötting M.A., Hartmut (11.8.1932), Honorarprof. (Denkmalpflege, Stadtarchäologie, TU Braunschweig), Lobmachersche Straße 18, 38312 Cramme
- Salje, Peter (9.2.1948), Dr.jur., Dr.rer.pol., Prof. (Rechtswissenschaften, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Heiligenfelder Straße 10 a, 27211 Bassum-Neubruchhausen
- Scheier, Claus-Artur (8.9.1942), Dr.med., Dr.phil.habil., Prof. (Philosophie, TU Braunschweig), Jasperallee 67, 38102 Braunschweig
- Schindel, Ulrich (10.9.1935), Dr.phil.habil., Prof. (Klassische Philologie, Georg-August-Universität Göttingen), Albert-Schweitzer-Straße 3, 37075 Göttingen
- Schmidt-Glinter, Helwig (24.6.1948), Dr.phil.habil., Prof. u. Dir. (Sinologie, Allgemeine Kulturwissenschaft, Georg-August-Universität Göttingen, Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel), Lessingplatz 1, 38300 Wolfenbüttel
- Stauf, Renate (23.3.1949), Dr.phil.habil., Prof. (Neuere deutsche Literatur, TU Braunschweig), Kasernenstraße 23, 38102 Braunschweig
- Thieme, Hartmut (20.11.1947), Dr.rer.nat., Leiter d. Archäol. Schwerpunktuntersuchungen im Helmstedter Braunkohlenrevier (Ur- und Frühgeschichte, Nieders. Landesamt f. Denkmalpflege Hannover), Schaumburger Weg 9, 31542 Bad Nenndorf
- Thieme, Werner (13.10.1923), Dr.jur., Prof.em. (Verwaltungslehre, Universität Hamburg), Berggartenstraße 14, 29223 Celle
- Thies, Harmen (26.12.1941), Dr.phil., Prof. (Baugeschichte, TU Braunschweig), Rodeweg 3, 38162 Cremlingen
- Vogtherr, Thomas (19.8.1955), Dr.phil., Prof. (Geschichte des Mittelalters, Universität Osnabrück, Lessingstraße 6, 49134 Wallenhorst
- Wahrig, Bettina (16.7.1956), Dr.med.habil., Prof. (Geschichte der Naturwissenschaften mit Schwerpunkt Pharmazie, TU Braunschweig), Ratsbleiche 11, 38114 Braunschweig
- Warncke, Carsten-Peter (21.6.1947), Dr.phil., Prof. (Kunstgeschichte, Georg-August-Universität Göttingen), Schöne Aussicht 59, 34346 Hann. Münden

Korrespondierende Mitglieder:

- Brett, Michael, Ph.D., Reader in the History of North Africa (Arabisch u. Arabische Geschichte mit besonderer Berücksichtigung Nordafrikas, School of Oriental and African Studies, London), 142 Turney Road, West Dulwich, London SE 21 7 JJ/Groß Britannien
- Bürger, Peter, Dr.phil., Prof. em. (Allgemeine Literaturwissenschaft, Romanistik, Universität Bremen), Markgrafenstraße 54, 13465 Berlin
- Burkert, Walter, Dr.phil., Prof. (Klassische Philologie, Universität Zürich), Wildsbergstraße 8, 8610 Uster/Schweiz
- Cohen-Mushlin, Aliza, Ph.D., Prof. und Dir. (Jüdische Kunst, Center for Jewish Art, The Hebrew University of Jerusalem), 19 Efrata St., Jerusalem 93384/Israel
- Ehlers, Joachim, Dr.phil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, FU Berlin), Am Wieselbau 9, 14169 Berlin
- Elbern, Victor H., Dr.phil., Accademico dei Lincei, Honorarprof. (Kunstgeschichte, FU Berlin), Ilsesteinweg 42, 14129 Berlin
- Engel Holland, Eva Johanna, Dr.phil., Prof.em. (Germanistik und Romanistik, Wellesley College/USA und Forschungsauftrag DFG Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel), Lessingstraße 12, 38300 Wolfenbüttel
- Esch, Arnold, Dr.phil., Prof. u. Dir. i.R. (Mittelalterliche Geschichte, Deutsches Historisches Institut in Rom), Via della Lungara, 18, 00165 Roma/Italien
- Garrigues, Marie-Odile, Dr.phil., Prof. (Philosophie und Theologie, Centre Nationale de la Recherche Scientifique Paris), Frankreich
- Hopt, Klaus J., Dr.jur. Dr.phil. Dr.h.c.mult., Prof. u. Dir. (Ausländisches und Internationales Privatrecht, MPI für ausländisches und internationales Privatrecht, Hamburg), Isestraße 117, 20149 Hamburg
- Kloft, Hans, Dr.phil., Prof. (Alte Geschichte und Wirtschaftsgeschichte, Universität Bremen), Charlottenburger Straße 11, 28211 Bremen
- Klüßendorf, Niklot, Dr.phil., apl. Prof. (Numismatik und Geldgeschichte, Philipps-Universität Marburg), Koppelkaute 2, 35287 Amöneburg
- Lavrov, Sergej, Dr., Prof. (Ökonomische Geographie, Universität Sankt Petersburg), GUS
- Ludwig, Walther, Dr.phil., Prof.em. (Klassische Philologie, Universität Hamburg), Reventlowstraße 19, 22605 Hamburg
- Oexle, Otto G., Dr.phil., Prof. u. Dir. (Geschichte, MPI für Geschichte, Göttingen), Duisburger Straße 12, 10707 Berlin

- Peroni, Adriano, Dr.phil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Florenz), Via Lungo L'Affrico 164, 50137 Florenz/Italien
- Poeschke, Joachim, Dr.phil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Münster), Rudolf-von-Langen-Straße 26, 48147 Münster
- Rambaldi, Enrico, Dr.phil., Prof. (Universität Mailand)
- Rosen, Stanley, Dr.phil., Prof. (Philosophie, Pennsylvania State University) , USA
- Schneidmüller, Bernd, Dr.phil.habil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg), Voßstraße 3, 69115 Heidelberg
- Schwarz, Brigide (19.1.1940), Dr.phil., Prof. i.R. (Mittelalterliche Geschichte, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Geibelstraße 2, 12205 Berlin
- Schwerdtfeger, Gunther, Dr.jur., Prof. (Öffentliches Recht und Recht der sozialen Sicherung, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover), Hülsebrinkstraße 23, 30974 Wennigsen (Deister)
- Seidensticker, Bernd, Dr.phil., Prof. (Klassische Philologie, Freie Universität Berlin), Terrassenstraße 17 a, 14129 Berlin
- Szlezák, Thomas Alexander, Dr.phil., Prof. (Griechische Philosophie, Universität Tübingen), Ölspielstraße 35, 97286 Sommerhausen am Main
- Vollmer, Gerhard, Dr.rer.nat. Dr.phil., Prof. (Philosophie, TU Braunschweig), Prof.-Döllgast-Straße 14, 86633 Neuburg/Donau
- Voppel, Götz, Dr.rer.pol., Prof. (Wirtschafts- und Sozialgeographie, Universität Köln), Neckarstraße 58, 51149 Köln

